



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Estudio de la calidad de la energía eléctrica para mejorar la  
confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex  
S.A.A.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

Olivares Escamilo Jhonan Carlos

**ASESOR:**

Mg. Raul Paredes Rosario

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Generación, Transmisión y Distribución de Energía.

**TRUJILLO – PERÚ**

**Año: 2018**

## PAGINA DEL JURADO

“Estudio de la calidad de la energía eléctrica para mejorar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex S.A.A.”

\_\_\_\_\_  
**Autor: Olivares Escamilo, Jhonan Carlos**

\_\_\_\_\_  
**Asesor: Mg. Raúl Paredes Rosario**

Presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo para obtener el título de Ingeniero Mecánico eléctrico.

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Dr. Jorge Antonio Inciso  
Vásquez  
Dr. Presidente

\_\_\_\_\_  
Mg. Raúl Paredes Rosario  
Mg. Secretario

\_\_\_\_\_  
Dr. Jorge Luján López  
Dr. Vocal

## **Dedicatoria**

*A Dios*

*Por su infinita misericordia  
Por haberme permitido  
Llegar hasta este momento  
Y haberme dado salud y  
Paciencia para lograr mis  
Objetivos.*

*A mis amados padres Armando  
Y Benita por haberme dado la vida  
Y su apoyo incondicional en todo  
Instante, a mis hermanos y amigos  
Quienes con su cariño y consideración  
Fortalecen mi camino y me dan fuerzas  
Y mucho ánimo para seguir mis sueños.*

## **Agradecimiento**

A todas aquellas personas que con su apoyo han contribuido en la realización del presente trabajo, en especial al ing. Jorge Lujan López profesor de proyectos de investigación y al ing. Raúl Paredes Rosario, como asesor de tesis por su valioso tiempo y aporte, continuo seguimiento, confianza e interés en mi trabajo y su capacidad y experiencia para ordenar y guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de investigación , sino también en mi formación como persona y como investigador.

A la Escuela de Pre Grado de la Universidad Cesar Vallejo del programa Sube. El cual no permitió limitarme para cumplir mis sueños, dándome una oportunidad. Para que con mi esfuerzo pueda adquirir un título de ingeniero.

Un agradecimiento muy especial a mis amigos y compañeros de la empresa CREDITEX, por haber permitido y facilitado la adquisición de los equipos para realizar mi desarrollo de tesis.

### **Declaración de autenticidad**

Yo, Olivares Escamilo Jhonan Carlos, con DNI: 47436162, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Junio del 2017.

---

Olivares Escamilo Jhonan Carlos

## **Presentación**

Trujillo, Junio del 2018

Señores Miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada “Estudio de la calidad de la energía eléctrica para mejorar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex S.A.A” integrada por los siguientes capítulos.

**I.- Capítulo:** Se investiga el problema, considerando la realidad problemática actual en la empresa Creditex, recopilando teorías relacionadas con el tema, trabajos previos, determinado los objetivos y las hipótesis.

**II.- Capítulo:** Se emplea un método de diseño de investigación, se describe las variables tanto dependiente como independiente, se selecciona las técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad de instrumentos.

**III.- Capítulo:** Se concreta los resultados teniendo en cuenta los datos obtenidos por los instrumentos de medición, se realiza un diagrama unifilar actual y uno proyectado después del estudio, también se dimensiona los filtros activos para mitigar los armónicos que causan los disturbios, mejorando la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.

**IV.- Capítulo:** Se realiza la discusión entre los valores obtenidos y las teorías desarrolladas en los trabajos previos.

**V.- Capítulo:** En las conclusiones se detalla de un modo concreto los resultados hallados durante todo el desarrollo de este proyecto.

**VI.- Capítulo:** Es la parte donde se ase las recomendaciones necesarias sustentadas en los resultados para mejorar las partes más críticas en la empresa Creditex.

**VII.- Capítulo:** Es la descripción de todas las referencias bibliográficas que se obtuvieron para hacer realidad este proyecto de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaración de autenticidad.....	iv
Presentación .....	v
Índice general.....	vi
Índice de figuras .....	viii
Índice de tablas .....	ix
Índice de fórmulas .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	13
1.1. Realidad problemática .....	14
1.2. Trabajos previos .....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	22
1.4. Formulación del problema .....	41
1.5. Justificación del estudio .....	41
1.6. Hipótesis .....	42
1.7. Objetivos.....	43
<b>II. MÉTODO</b> .....	44
2.1. Diseño de investigación .....	45
2.2. Operacionalización de variables. ....	47
2.3. Población y muestra .....	48
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad....	48
2.5. Métodos de análisis de datos.....	50

2.6. Aspectos éticos.....	50
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>66</b>
<b>V. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>VII REFERENCIAS.....</b>	<b>73</b>
<b>VIII ANEXOS.....</b>	<b>75</b>
Anexo 01: Ubicación de Creditex S.A.A.....	75
Anexo 02: Analizador de redes.....	76
Anexo 03: Pinza amperimétrica.....	77
Anexo 04: Evaluación de medición de tensiones de armónicos máximos.....	78
Anexo 05: Evaluación de medición de tensiones. Factor de distorsión.....	79
Anexo 06: Evaluación de mediciones de flicker.....	80
Anexo 07: Tensión máxima.....	81
Anexo 08: Potencia Consumida.....	82
Anexo 09: Fotos de la realidad problemática.....	83
Anexo 10: Realizando mediciones.....	89
Anexo 11: Diagramas Unifilares de subestación N°04.....	92
Anexo 12: Montaje del filtro de armónicos para cada motor eléctrico.....	94
Anexo 13: Matriz de Consistencia.....	95



## INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Ondas de voltaje y corriente.....	22
Figura 02. Curva del comportamiento de una carga lineal .....	22
Figura 03. Distorsión de voltaje provocada por carga no lineal .....	23
Figura 04. Curva del comportamiento de una carga no lineal .....	23
Figura 05. Curva de espectro de transitorio impulsivo .....	24
Figura 06. Curva de espectro de transitorio oscilatorio .....	25
Figura 07. Curva de espectro de interrupción .....	26
Figura 08. Curva de espectro de sag .....	26
Figura 09. Curva de espectro de swell .....	26
Figura 10. Distorsión de una onda fundamental por armónicos .....	27
Figura 11. Curva de espectro de corte .....	27
Figura 12. Curva de espectro de ruido .....	28
Figura 13. Curva de espectro de fluctuación de tensión .....	29
Figura 14: Pinza amperimetrica. ....	36
Figura 15: Analizador de calidad de energía PQM-703: Medición de Transitorios y Armónicos .....	37
Figura 16: Variables del proceso de estudio.....	46
Figura 17: Analizador de redes .....	49
Figura 18: Pinza amperimetrica Fluke-902FC .....	49
Figura 19. Comportamiento de la corriente total de carga .....	54
Figura 20. Instalación de banco de condensadores automático con filtros de rechazo en BT Transformador de 1250 KVA .....	56

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites según norma EM50160.....	29
Tabla 2: Límites para los equipos clase A según norma 61000-3-2.....	30
Tabla 3: Límites de corta y larga duración según norma IEEE1159.....	32
Tabla 4: Límites según norma IEEE519.....	33
Tabla 5: Límites según norma IEEE519 .....	34
Tabla 6: Tabla de selección de transformadores de corriente.....	53
Tabla 7: Valores medidos y normados de THD de tensión y corriente en Planta Creditex .....	57
Tabla 8: Fallas en ME 100 HP Creditex, debido a baja calidad de energía .....	58
Tabla 9: Confiabilidad actual y proyectada para cada motor eléctrico .....	59
Tabla 10: Inversiones proyectadas .....	60

## INDICE DE FORMULAS

Ecuación 1: tasa total de distorsión en tensión.....	39
Ecuación 2: tasa total de distorsión en corriente .....	39
Ecuación 3: Retorno operacional de la inversión.....	40
Ecuación 4: valor actual neto.....	40
Ecuación 5: tasa interna de retorno.....	41
Ecuación 6: Listado de anomalías por baja calidad de energía, su efecto y soluciones .....	52
Ecuación 7: Capacidad requerida del filtro activo.....	52
Ecuación 8: Corriente efectiva reactiva requerida .....	52
Ecuación 9: intensidad nueva efectiva de armónicos .....	55
Ecuación 10: intensidad de línea, rms con filtro .....	55
Ecuación 11: potencia activa con filtro .....	55

## RESUMEN

Se presenta el estudio de calidad de la energía eléctrica para mejorar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex S.A.A., Trujillo Perú, con el objetivo de determinar las causas de la baja calidad de energía eléctrica que afecta la confiabilidad de los equipos de producción, así como a los activos, en especial a los bancos de condensadores, que se quemaron con bastante frecuencia, ocasionando su renovación y aumentando los costos de producción.

Se determina que el principal sector de pérdida de producción es en el conjunto de catorce motores eléctricos, de 100 HP que accionan los hilados, los motores eléctricos están equipados con variadores de frecuencia, que son cargas no lineales y son principales distorsionadoras de la onda, generando armónicos y aumentando el amperaje en equipos y cables. Se encontró que la tasa de distorsión armónica de tensión es del orden de 6.2% y la tasa de distorsión armónica de corriente, de 28.5%, superiores a los valores de las normas, de 5% y 15% como máximo, respectivamente.

Se logró determinar la elección de los equipos, gracias a un modelo realizado por la empresa Schneider, mediante un análisis económico y financiero se pudo obtener resultados positivos, se redujo la potencia activa en un valor de 68.18 Kw, y la potencia reactiva en valor de 204.83 Kvar. Generando un beneficio de 90,155 soles/año por reducción de consumo de potencia activa, y un beneficio total de 215,606 soles/año por la mejora de la calidad de energía eléctrica, mediante un estudio financiero se pudo obtener un periodo de retorno de la inversión de ½ año. Concluyendo así que el estudio es factible.

**Palabras claves:** Calidad de la energía eléctrica, armónicos, filtro activo, cargas lineales y no lineales.

## ABSTRACT

The study of electric power quality is presented to improve the reliability of assets and production in the company Creditex SAA, Trujillo Peru, with the objective of determining the causes of the low quality of electrical energy that affects the reliability of the equipment of production, as well as assets, especially capacitor banks, which burn quite frequently, causing their renewal and increasing production costs.

It is determined that the main sector of loss of production is in the set of fourteen electric motors, of 100 HP that drive the yarns, the electric motors are equipped with frequency inverters, which are non-linear loads and are main distorters of the wave, generating harmonics and increasing the amperage in equipment and cables.

It was found that the rate of harmonic distortion of tension is of the order of 7.5% and the rate of harmonic distortion of current, of 28.5%, higher than the values of the norms, of 5% and 15% as a maximum, respectively.

It was possible to determine the choice of equipment, thanks to a model made by the company Schneider, through an economic and financial analysis it was possible to obtain positive results, the active power was reduced by a value of 68.18 Kw, and the reactive power in value of 204.83 Kvar. Generating a profit of 90,155 soles / year by reducing active power consumption, and a total benefit of 215,606 soles / year for improving the quality of electric power, through a financial study I can get a period of return on investment of  $\frac{1}{2}$  year Concluding that the study is feasible.

**Keywords:** Quality of electrical energy, harmonics, active filter, linear and non-linear loads.

# INTRODUCCION

## **I. Introducción**

### **1.1. Realidad problemática**

La productividad es determinante para permanecer en el en el competitivo y global mundo actual. Al pensar en los componentes de la producción (tiempo, mano de obra y materiales), se observa que existe poco margen para optimizar. Se dispone de 24 horas al día, presupuesto mano de obra aumenta y hay pocas alternativas en lo referente a materiales. Por estos motivos, las empresas emplean la automatización de procesos para aumentar la productividad, o desaparecer.

Se confía en sistemas de automatización que, se basan en suministro de electricidad. Los problemas conducen a mala operación de los procesos y equipos industriales llegando a la puesta fuera de servicio de los mismos, con consecuencias que varían desde costos excesivos de la energía eléctrica hasta pérdidas importantes de producción. Resulta obvio que la calidad eléctrica es crítica en empresas industriales. La interdependencia de los diversos sistemas y equipos aumenta la complejidad de los sistemas de calidad de energía eléctrica. Las computadoras pueden estar en buen estado, pero la red eléctrica no funciona, entonces no se puede procesar información valiosa de la empresa, como costos de procesos.

El proceso industrial puede estar operando correctamente, sin embargo el sistema de calefacción, el de ventilación o el de aire acondicionado se apagan y el proceso productivo, se puede interrumpir. Los sistemas imprescindibles de la empresa se distribuyen por toda la Planta industrial, por lo que los problemas de calidad eléctrica pueden causar que algunos se detengan en cualquier momento, con las consecuentes pérdidas de producción y, en muchos casos, de activos industriales.

La Empresa Creditex anteriormente llamada TRUTEX produce artículos “full package”, partiendo del desmotado del algodón, luego el proceso de producción de hilos finos, control total del proceso de fabricación de las telas y finalmente confección de una variedad de prendas de calidad Premium que son comercializadas en el exterior por marcas de prestigio internacional.

Dado el Crecimiento que ha tenido la empresa en los últimos años se llegaron a instalar 4 Sub estaciones en la sede de Trujillo, se trabajan en 3 turnos, se tiene además 14 motores de 100HP, cada uno, además de aumentar la carga de iluminación en 5 KW, todos siendo cargas inductivas que distorsionan la onda sinodal de corriente alterna.

En la actualidad se presentan problemas como paradas intempestivas, por falla de equipos, producto de cruces en las tarjetas electrónicas, equipos que pierden comunicación de manera misteriosa, o salen de servicio sin razón aparente, sobre carga y elevación de la temperatura del cableado eléctrico en el área de Gaseado de hilo, lo que ha causado interrupciones de producción imprevistas.

Por lo expuesto, se plantea realizar el presente trabajo de investigación tecnológica que permita analizar las causas y efectos de una mala calidad de energía en Creditex S.A.A, determinando el modo y la tecnología adecuada, manual o automática para mejorar la misma y asegurar que los equipos trabajen con adecuada seguridad operacional, y eliminar las paradas intempestivas de producción, con las pérdidas económicas respectivas.



## 1.2. Trabajos previos

a) "Estudio y análisis experimental de la calidad del Suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes – 2016"

Universidad Nacional del Altiplano

Facultad de ingeniería mecánica eléctrica, electrónica y Sistemas

Escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica

Presentado por:

- Julio Carlos Machaca Vilca
- Abell Alexis Coila Delgado

Puno – Perú 2017

En este trabajo investigativo, los estudiantes llevaron a cabo el estudio de las 7 subestaciones que integran la universidad, usando el analizador de redes PowerQ4 Plus, consiguiendo como resultado en consideración a la frecuencia, concluyendo que se encuentra adecuado dentro de los parámetros ya fijados.

También se presencié un bajo factor de potencia de 0.74 en la S.E 1, y también la presencia de armónicos, en los armónicos de tensión THDV se encuentra por debajo de las normas establecidas con valor de THDV 2.49%, el problema fue en los armónicos de corriente que se hallan ya fijados de lo establecido por la norma en un valor de TDD 5.27%, lo cual los estudiantes proporcionaron la alternativa para optimizar costos, la implantación de compensación con filtros.

b) "Solución a los problemas de corrientes y voltajes armónicos en los sistemas industriales"

Autores:

Enrique Olaf Morales García

Jorge Luis Rodríguez González

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis para obtener el grado de: Ingeniero Eléctrico Electrónico.

Facultad de Ingeniería.

2012.

A cuenta que la compañía suministradora de electricidad, de un voltaje estrictamente sinodal (sin distorsión alguna). También concluyeron que a pesar de que los problemas de distorsión fueron observados por el personal de operación de empresas suministradoras hace bastante tiempo y dichas distorsiones fueron causadas principalmente por cargas no-lineales conectadas a los sistemas de distribución de las empresas suministradoras.

c) “Evaluación técnica y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la planta” Quala S.A.

Autores:

Luis Ernesto Céspedes Molano

Jiris Armin Saad Gómez

Universidad de la Salle

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Bogotá D. C. 2007

En la Universidad de Salle, el tesista Gómez realizó una evaluación, para determinar las causas de los problemas que se vienen dando, como paradas imprevistas de las líneas de producción, recalentamiento de conductores, transformadores y el mal funcionamiento de motores.

En el desarrollo pudo determinar que los niveles de tensión en la plata N° 3 se encuentra dentro de los límites admisibles por las norma NTC1340, también se determinó que el factor de potencia se encuentra por debajo de la norma con un factor de potencia de 0.63 lo cual en mi opinión es alarmante ya que esto deriva a grandes costos de facturación.

También se detectó la presencia de armónicos tanto como el armónico de voltaje como de corriente los valores se encuentra en THDV 6.7%, que se encuentra por encima de la norma, por otro lado presencia elevada de 5° armónica de corriente que se encuentra en THDI 12%, se concluye que se debe instalar filtros activos.

d) “Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana”

Autores:

Sr. Marcos Holguin

Sr. David Gomezcoello

Proyecto final de graduación previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico  
Universidad Politécnica Salesiana.

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Ecuador 2010.

En la siguiente tesis se concluye, que los datos obtenidos en el transcurso de la medición, los niveles de tensión, frecuencia se encuentran en los rangos de +5% y 10% por lo cual son aceptables.

En la medición el tesista Marcos y David, presenciaron eventos transitorios en tensión el cual determinó que las causas que originaban dicho problema eran los arranques de herramientas eléctricas debido a la construcción de la Universidad, y también el arranque de los equipos de climatización.

En los gráficos adquiridos por el equipo de medición Fluke 435, se determinó el valor total de distorsión armónica, se encuentra en  $THDV = 4.8\%$  que está por debajo de la norma, lo más alarmante fue en el caso de los armónicos de corriente que se encontraba en valor de  $THDI = 27\%$  que se encuentra por encima de las normas.

El cual el tesista Marcos al término de su investigación recomendó la instalación de filtros para mitigar dichos armónicos.

e) “Análisis técnico y económico de corrección del factor de potencia del sistema eléctrico trifásico en 220V, del hospital IV Víctor Lazarte Echeagaray-Trujillo”

Autor:

Sr. Eligio Gómez Cabanillas

Universidad Cesar Vallejo.

Facultad de Ingeniería.

Perú 2016.

Eligio Gómez Cabanillas demostró que mediante un buen estudio y el manejo de la tecnología, se pueda obtener resultados muy favorables; lo cual lo demostró, obtuvo un factor de potencia demasiado bajo de 0.72 violando las normas establecidas.

El cual haciendo uso de los conocimientos adquiridos en la universidad pudo dimensionar la potencia del banco de condensadores la cual mejoro severamente de 0.72 a 0.96.

También alivio todo el sistema eléctrico, el calentamiento en los conductores y sobre todo mejora la eficiencia de los equipos logrando así una buena calidad energía eléctrica.

f) “Calidad de energía eléctrica: Análisis armónico de sistemas eléctricos de potencia”

Autores:

Ing. Vicente Gastón Nieto Gallino.

Ing. Otto Alvarado Moreno.

Titulados como Ing. Eléctrico de potencia.

1995.

En el paper podemos determinar que la principal fuente generadora de armónicos, son las cargas no lineales, y entre ellas nos hace mención los convertidores de frecuencia, maquinas rotativas transformadoras, equipo de arco y lámparas fluorescente.

Según su investigación hay muchos métodos que nos pueden ser útil para mitigar los armónicos de corriente y de voltaje, el más resaltante gracias al avance tecnológico son los filtros de armónicos.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Cargas lineales.

Se produce debido a la posesión de factores como resistencias, inductancias y condensadores de cantidades determinadas.

La iluminación incandescente y las cargas de calefacción son lineales por naturaleza. Así la impedancia es invariable no dependiendo de la aplicación del voltaje. Como se observa en la figura 1:

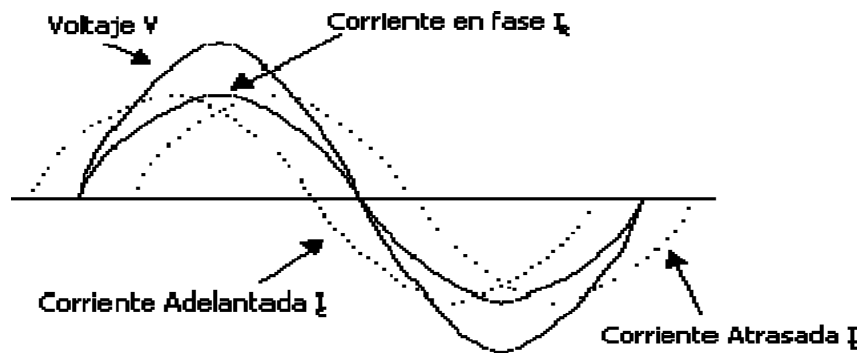
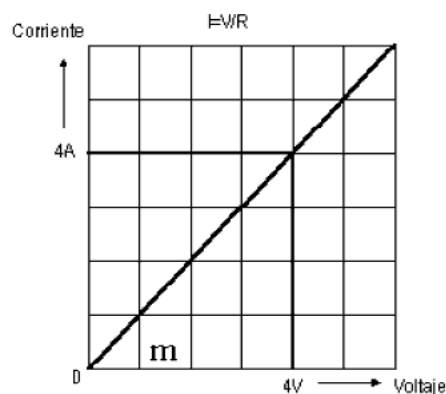


Figura 01.- Ondas de voltaje y corriente de una

Corrientes lineales:  $I_R$  es un flujo único de circuito resistivo;  $I_L$  es de circuito en parte (anterior); e  $I_C$  es flujo de corriente de circuito en parte capacitiva (adelantada).



$m =$  Ángulo con respecto al eje de voltaje

Figura 02. Curva del comportamiento de una carga lineal

La interdependencia entre el voltaje y las corrientes es rectilínea y conveniente para una carga lineal. Estas cargas no constituyen un problema de distorsión del modelo de onda, inclusive al dirigirse de modo lineal.

### 1.3.2. Cargas no lineales.

Requieren una intensidad de corriente no senoidal, cuya trayectoria a través de la impedancia del método causa una baja de voltaje no senoidal.

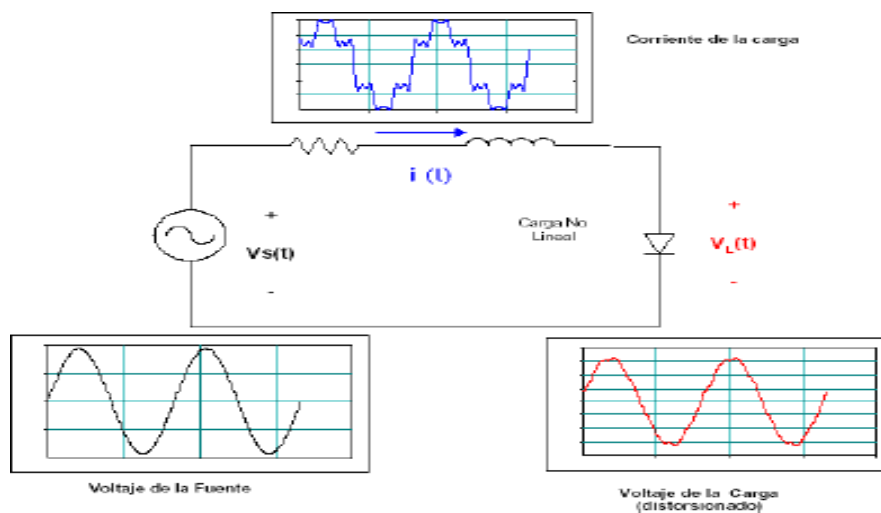


Figura 03. Distorsión de voltaje provocada por carga no lineal

Al tener una carga no lineal no significa que se posea una intencionalidad entre el voltaje y la corriente como las rectilíneas.

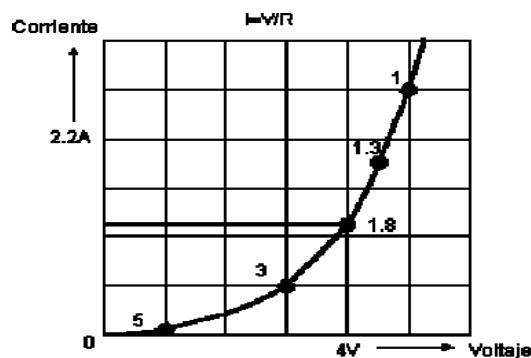


Figura 04. Curva del comportamiento de una carga no lineal



Utilizarlas ha aumentado mucho a través de la última década. Los convertidores estáticos vienen a ser cargas no rectilíneas usadas constantemente en la manufactura debido a que son útiles en variadas aplicaciones, entre ellas se puede citar a fuentes de poder usados en métodos electroquímicos, procesadores de velocidad y fuentes ininterrumpibles de poder (UPS).

### 1.3.3. Perturbaciones en los sistemas eléctricos de potencia

#### 1.3.3.1. Transitorios

La palabra transitorio da entender a los sucesos no deseables en el sistema debido a que son fenómenos transitorios.

#### 1.3.3.2. Transitorio impulsivo

Esto no causa variaciones cuando se presentan los contextos de régimen firme de tensión o corriente, su polaridad es en una sola dirección, ya sea negativo o afirmativo.

La consecuencia principal de esta distorsión es una falla inmediata producida en el aislamiento de los aparatos y generadores eléctricos.

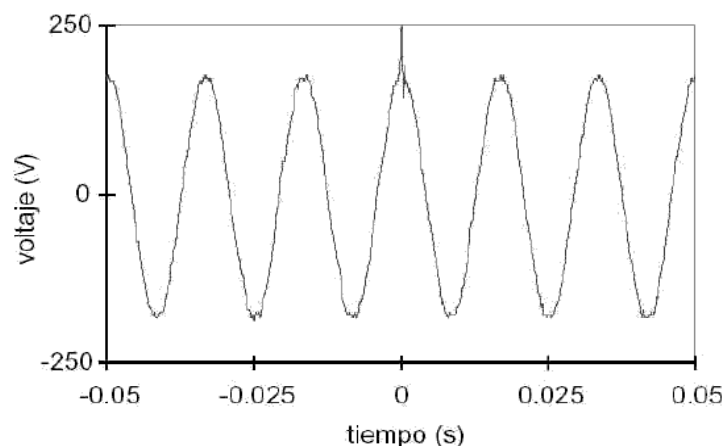


Figura 05. Curva de espectro de transitorio impulsivo

### 1.3.3.3. Transitorio oscilatorio

Donde las cantidades instantáneas muestran las variaciones de polaridad. Por lo general son consecuencia de variaciones de la disposición de un sistema.

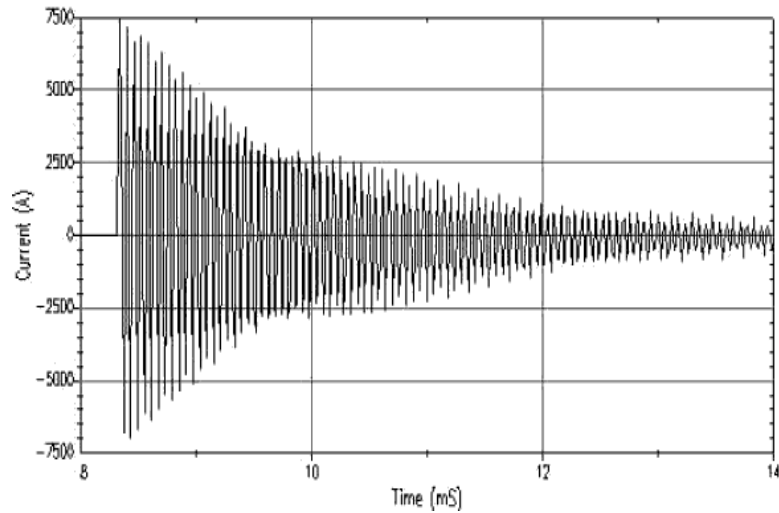
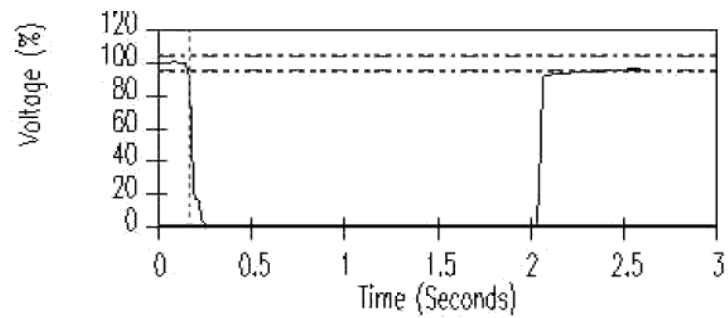


Figura 06. Curva de espectro de transitorio oscilatorio

### 1.3.3.4. Interrupción

Presenta una disminución a una cantidad mucho menor que 0,1 [p.u] por una etapa de 0,5 ciclos a un minuto. Un a dificultad se produce por alteraciones o la inadecuada marcha de los que controlan.



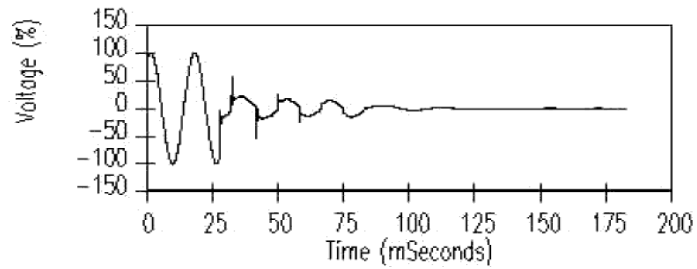


Figura 07. Curva de espectro de interrupción

### 1.3.3.5. Depresión de tensión (sag)

La disminución de tensión viene a ser un recorte instantáneo de la eficacia de la tensión (0,1 a 0,9 [p.u.]), esto transcurre durando 0,5 ciclos a 1 minuto. Esto como consecuencia de alteraciones en el sistema.

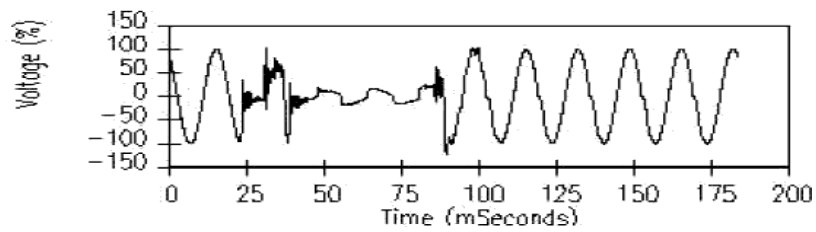


Figura 08. Curva de espectro de sag

### 1.3.3.6. Salto de tensión (swell)

El salto de tensión es diferenciado por el aumento del valor eficaz de la tensión de 1,1 a 1,8 [p.u.] con una duración entre 0,5 a 1 minuto.

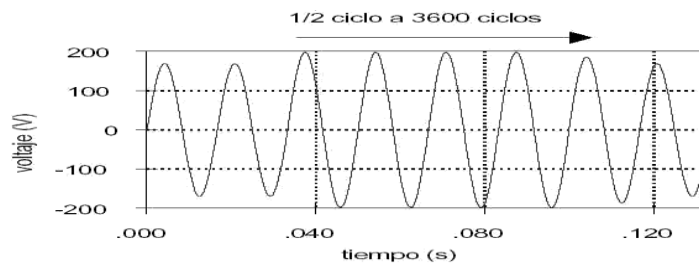


Figura 09. Curva de espectro de swell

### 1.3.3.7. Distorsión de la forma de onda

La variación de ondas en su presentación es una distorsión en su camino, producida como respuesta a la señal sinusoidal pura.

### 1.3.3.8. Armónicos

La variación armónica es la alteración de la onda de presentación normal sinusoidal. La matemática la analizó (Fourier) la variación de las ondas y concluyó su composición son la onda seno fundamental.

La onda en su forma producida está en función del recorrido de etapa del tercer armónico.

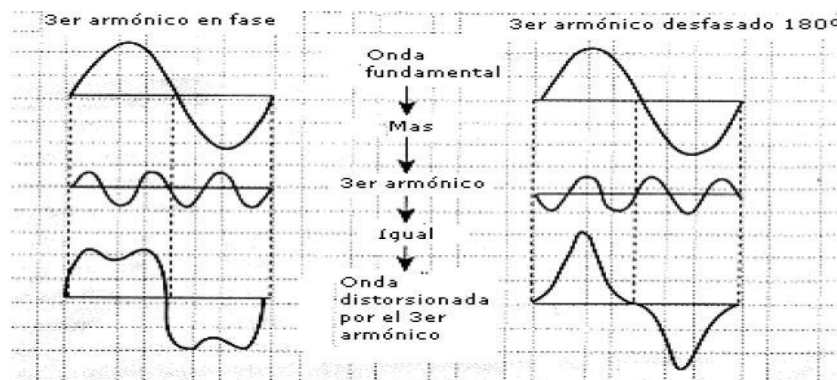


Figura 10. Distorsión de una onda fundamental por armónicos

### 1.3.3.9. Corte

Viene a ser una distorsión transitoria de la tensión normalizada de los aparatos que recurren al uso de fuerza potencial, es en el caso de la corriente conmutada de un lugar a otro (fase).

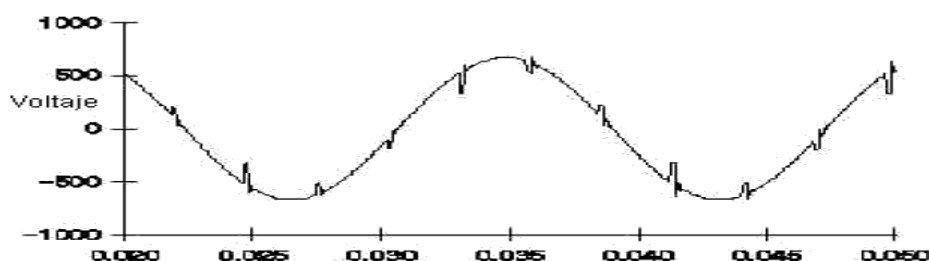


Figura 11. Curva de espectro de corte

### 1.3.3.10. Ruido

Viene a ser un indicativo no deseable (espectro de amplia frecuencia), cuyo valor es pequeño (<que 200 [kHz]), es decir de pequeña intensidad, encima en los aparatos de etapas, también se les halla en los conductores de neutro.

Por lo general estas interrupciones son consecuencia de realizaciones malas, de aparatos, instalaciones inoperantes de partes en el sistema por las organizaciones proveedoras o por las personas.

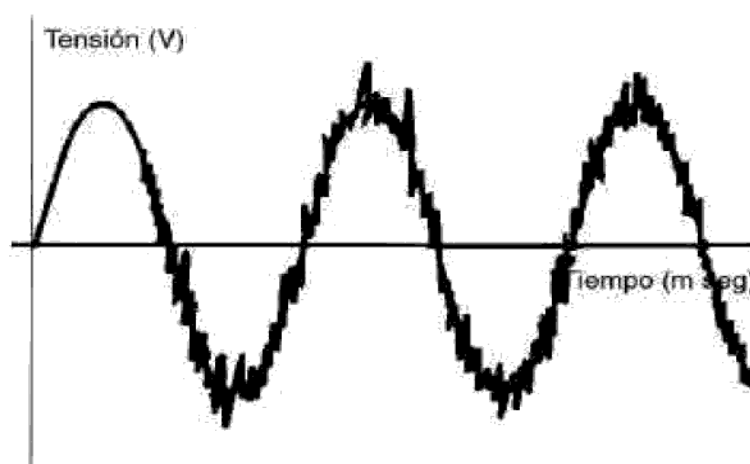


Figura 12. Curva de espectro de ruido

### 1.3.3.11. Fluctuación de tensión

Las variaciones de tensión son metódicas del perfil de la tensión o un conjunto de diversificaciones aleatorias de la intensidad de la tensión, éstas por lo general pasan el límite expresado de 0,95 a 1,05 [p.u.].

La perturbación del parpadeo se visualiza en las luminarias que tienen pequeña tensión. Lo contrario ocurre, las cargas perturbadoras se hallan interconectadas a cualquier nivel de tensión. La base de consecuencia de este suceso está en las variaciones violentas de la tensión de red.

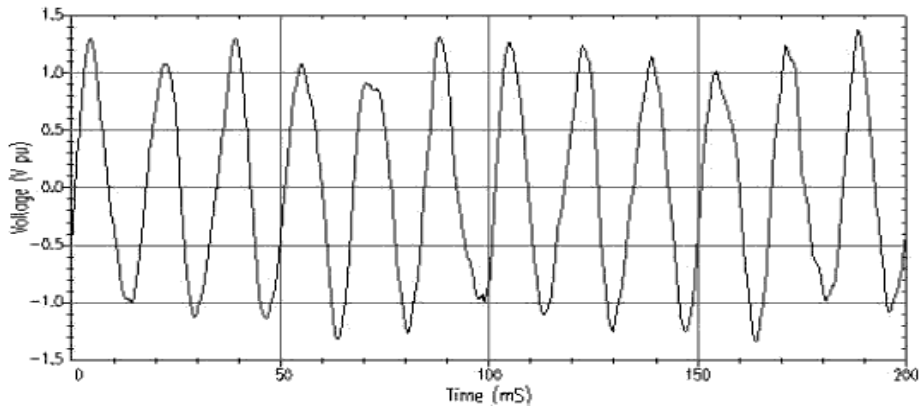


Figura 13. Curva de espectro de fluctuación de tensión

### 1.3.4. Normatividad

#### 1.3.4.1. Norma en 50160

Relata las particularidades referenciales que debe poseer la tensión que es ofrecida por la red de repartición en alta y baja tensión en situaciones normales y en el lugar de dación al usuario.

Tabla 1: Limites según norma EM50160

Evento en la tensión de suministro	Magnitud	Duración
Sags	90 % < 1%	10 ms < 1 minuto
Baja de tensión	90 % < 1%	> 1 minuto
Interrupción de suministro	< 1%	< 3 minutos (breve) > 3 minutos (larga)
Sobretensión temporal	> 110 %	Relativamente larga
Sobretensión transitoria	> 110 %	Algunos milisegundos

### 1.3.4.2. Norma IEC 6100032.

Menciona las cantidades extremas poseídas emisiones de corriente armónica.

**Tabla 2: Límites para los equipos clase A según norma 61000-3-2**

Orden armónico h	Corriente armónica máxima permitida (A)
<b>Armónicos impares</b>	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq h \leq 39$	$0.25 / h$
<b>Armónicos pares</b>	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq h \leq 40$	$1.84 / h$

### 1.3.4.3. Norma IEC 6100024.

Delimita las etapas de compatibilidad contra las distorsiones a nivel de producción industrial, aplicándose en mallas distributivas de 50 y 60 Hz. Para usar esta normatividad debemos tener presente para señalar las maquinarias diferentes y sus peculiaridades, para así delimitar el tipo al que pertenece para poder establecer la normatividad.

Clase 1: referida a maquinarias de alta sensibilidad a variaciones cuando la energía es suministrada.

Clase 2: relacionada a situaciones de conectividad común y lugares conectivos interiores referida a la industria.

Clase 3: emplea, para suministrar usando convertidores, equipos de elevado consumo de energía o equipos con motores de alta potencia con frecuencia de arranque continúa.

#### **1.3.4.4. Norma IEC 61000430.**

Conceptúa los sistemas de medida de las medidas de calidad de suministro energético y la manera de analizar lo hallado. Se señala las técnicas sin delimitar los umbrales. Entre otros conceptúa las técnicas para detectar y evaluar, los hoyos tensionados, sobretensiones transitorias y las paradas de la tensión suministrada.

Así conceptúa dos maneras de usar la normatividad, llamadas tipos A y B, el primer está delimitado a medidas de pequeña incertidumbre, análisis de cumplir la normatividad, etc. El tipo B está referida a investigaciones estadísticas, la resolución de situaciones problemáticas en infraestructuras eléctricas coherentes con la calidad de energía.

#### **1.3.4.5. Estándar IEEE 1159.**

Existen siete clases diferentes de sucesos: temporales, diferenciaciones corta duración, diferenciaciones de larga duración, inestabilidad de tensión, distensión de la forma de onda, incertidumbres de tensión y diferenciaciones de la frecuencia.

Las oscilaciones de pequeña duración (Swells, Sags o paradas mantenidas) ocurren cuando existen fallas, o por relación de cargas que necesitan inmensas intensidades de corriente para arrancar.

En función del lugar del error, existen sobretensiones, subtensiones o interrupciones temporales. No interesa el sitio donde esté la falla (cerca o lejos del lugar de estudio), lo que provoca produce un disturbio de pequeño tiempo.



Tabla 3: Límites de corta y larga duración según norma IEEE1159

Categorías	Duración típica	Magnitud típica de la tensión
<b>1.0 Variaciones corta duración</b>		
<b>1.1 Instantánea</b>		
1.1.1 Hueco	0.5 – 30 ciclos	0.1 – 0.9 p.u.
1.1.2 Swell	0.5 – 30 ciclos	1.1 – 1.8 p.u.
<b>1.2 Momentánea</b>		
1.2.1 Interrupción	0.5 ciclos – 3 s	< 0.1 p.u.
1.2.2 Hueco	30 ciclos – 3 s	0.1 – 0.9 p.u.
1.2.3 Swell	30 ciclos – 3 s	1.1 – 1.4 p.u.
<b>1.3 Temporal</b>		
1.3.1 Interrupción	3 s – 1 min	< 0.1 p.u.
1.3.2 Hueco	3 s – 1 min	0.1 – 0.9 p.u.
1.3.3 Swell	3 s – 1 min	1.1 – 1.2 p.u.
<b>2. variaciones larga duración</b>		
2.1 Interrupción	> 1 min	0.0 p.u.
2.2 Subtensión	> 1 min	0.8 – 0.9 p.u.
2.3 Sobretensión	> 1 min	1.1 – 1.2 p.u.

#### 1.3.4.6. Norma IEC 5552.

La normatividad fija las condiciones sobre armónicas que tienen que tener las maquinarias que su consumo requiere ser menor de 16 Amperios por etapa en la red 220V a 415 V. Están comprendidos las computadoras y los TVs. La normatividad fija los extremos tomando en cuenta las cantidades (rms) de cada armónica, su correspondencia entre la cantidad de eficacia y la cantidad máxima y el valor superior máximo.

#### 1.3.4.7. Estándar IEEE 519

Hay presencia de una consecuencia revuelta acerca de las cargas no lineales para abarcar intensidades armónicas. Todos los ejecutores de red de energía de consumo, deben ser responsables de otorgar un alto nivel de tensión y forma de la

onda. La IEEE 519 menciona acerca de la amplitud tomando en función de la red abastecedora.

Sea el lugar donde hallan situaciones problemáticas, como consecuencia del aporte excesivo de corriente armónica o variación de tensión, es de necesidad obligatoria para el dador y el receptor, dar respuesta a estas situaciones. Así, el motivo de esta propuesta es recomendar situaciones extremas en la distorsión armónica de acuerdo, tomando como base a dos sustentos:

Tabla 4: Límites según norma IEEE519

Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 120 - 69,000 volts.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

La IEEE 519 fija otros cuantificadores acerca de la calidad de la energía eléctrica, éstos son:

Flicker de Tensión: Los lineamientos la baja de tensión debido a los usuarios individualizados, están presentes en la IEEE 519.

Tabla 5: Límites según norma IEEE519

Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común	Distorsión individual de Tensión (%)	Distorsión total del voltaje THD (%)
Hasta 69 KV	3.0	5.0
De 69 KV a 137.9 KV	1.5	2.5
138 KV y mas	1.0	1.5
Nota: Los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado.		

### Calidad de energía eléctrica

La norma IEC 61000-4-30 conceptúa a la calidad: “particularmente de la energía eléctrica en un lugar determinado de una red de corriente, valoradas en función a un grupo de fases técnicas referenciales” por lo que, la norma IEEE 1159-1995 afirma que la calidad de la corriente es una diversidad de fenómenos electromagnéticos que marcan la tensión y la energía eléctrica en un momento determinado y en un punto dado de la red eléctrica.

## **Razón para llevar a cabo un análisis de calidad energético**

### **a. Seguridad**

Si se desea suministrar una nueva carga eléctrica a un panel o equipo existente, es necesario llevar a cabo una investigación de la carga con la finalidad de conocer si existe suficiente capacidad si se desea adicionar nuevas cargas.

Su estudio, abarca recurrir a un registrador eléctrico para señalar las etapas de carga (reducción de carga trifásica) relacionadas al tiempo. Así, el examen respectivo solamente garantizará que se cumpla con la seguridad requerida, así se evitará la sobrecarga, todo esto proveerá seguridad.

### **b. Ahorro en costos energéticos**

La energía consumida constituye un elemento importante a ser tomado para el costo estimado. A pesar de esto, muchas organizaciones empresariales no tienen conocimiento de su consumo, porque lo que realizan mes a mes es pagar su recibo, sin estimar la variación de mes a mes.

Actualmente, se visualiza el costo que realiza la empresa a través de la tarifa, tomando en cuenta la energía consumida ya sea en una actividad primaria o secundaria. La lectura efectuada permitirá detectar el consumo energético, que se puede reducir con operaciones adecuadas, una de ellas es a lo largo de las etapas (tarifas altas) o variando las horas con períodos mucho más baratos.

### **c. Mayor precisión en la factura eléctrica**

Se acostumbra instalar contadores denominados auxiliares para llevar un mejor control del gasto energético, pero lamentablemente algunos no son colocados correctamente, lo que genera que el consumo no sea tomado como real.

La instalación presenta variabilidad de ocurrencias problemáticas, abarcando transductores de tensión puestos al contrario, además de ser configurados con

errores el contador auxiliar. Las lecturas deben ser corroboradas usando un analizador energético.

La contabilización informativa da una opción de contundencia cuando se va a confrontar los datos registrados en la factura respecto a su gasto real energético. Si existe una gran diferencia hay que revisar.

#### d. Solución de problemas

Cuando se desea solucionar una alternativa imprevista se requiere tener los datos que abarque un tiempo amplio. Para esta situación los analizadores de energía constituyen una opción buena, por ser asequibles y de uso eficiente porque su data informativa es suficiente.

Por lo tanto, es dificultoso para el personal técnico ejercer un adecuado control de una carga hasta que cause la avería en el interruptor.

### **Dispositivos para resolver problemas eléctricos**

**Pinzas amperimétricas:** elaboradas para medir la calidad de la energía y su potencia que lleva a resolver la problemática existente, apropiados para llevar a cabo jornadas del mantenimiento respectivo, para así comprobar el servicio tomando en cuenta la normatividad.



Figura 14: Pinza amperimetrica.

## **Analizadores de calidad de energía**

Avanzados para detectar y registrar todos los detalles de las perturbaciones eléctricas, realizar análisis de tendencias y verificar la calidad del suministro eléctrico conforme a la clase A durante intervalos definidos.



Figura 15: Analizador de calidad de energía PQM-703: Medición de Transitorios y Armónicos

## **Metodología del análisis de calidad eléctrica**

El análisis de calidad eléctrica deberá estar enfocado a cumplir con las normas nacionales e internacionales principales a este respecto.

### **Variaciones de frecuencia**

En nuestro país los generadores de corriente están conectados, por ser más estable. Sucede una alternancia de la frecuencia cuando aparece una variación del equilibrio entre la carga y generación. Este desfase se relaciona en forma directa con la velocidad de giro.

Para entenderlo mejor, es como si se cambiara una carga de 1200 MW para que suceda un cambio de frecuencia de 0,1 Hz. Siendo, así generalmente las frecuencias varían alterando en forma directa la rapidez de las máquinas rotativas.

### **Variaciones lentas de tensión**

Ocurre una diferencia de tensión debido a que cambia en su amplitud, por ende, la cantidad de eficiencia de onda de tensión, siendo sus elementos profundidad y duración las características. Una variación lenta de tensión abarca más de 10 segundos.

Los causantes varían, desde averías en el abastecimiento (presencia de fenómenos atmosféricos) hasta la impedancia del receptor, etc. siendo sus efectos desiguales, siendo negativos tomando en cuenta el porcentaje de reducción y el tiempo de duración.

### **Variaciones rápidas de tensión**

Ocurre cuando se realiza un canje en una tensión  $Urms(1/2)$  entre dos variables estabilizadas. Observadas individualmente no constituyen amenaza alguna, pero si pueden ocasionar problemas cuando se producen de manera continuada.

### **Huecos de tensión (dips, sags)**

Vienen a ser pequeñas caídas de tensión, que ocurren de manera interrumpida. Dura de medio ciclo a 10 segundos, con una profundidad de 10 a 100% de la tensión. Cuando sobrepasa el 90% es micro corte. En el siguiente gráfico se le observa:

Se producen por presencia de huecos y micro cortes (cortocircuitos, etc.), en otra circunstancia en la potencia producida en el acarreo. Pueden ocurrir por deficiencia en las conexiones. Haciendo constar que todos los elementos influyentes producen problemas en su totalidad en el sector industrial.

### **Medición de los armónicos**

Se usa por lo general para la cantidad rms (eficaz) de una onda regular. Su presencia es tomada en cuenta cuando se produce la distorsión armónica total (THD).

Lo utilizado para estos armónicos se usan para los de corriente y THDI.

## Efectos que producen los armónicos

Existen nuevos problemas como:

- Los transformadores de potencia sufren calentamiento excesivo debido a la presencia de cargas inferiores a la nominal.
- El calentamiento alto ocasiona la no instalación de las baterías de condensadores porque las avería.

## Planificación y ejecución de un correcto análisis de la calidad de la energía eléctrica

### 1. Planificación y objetivos del análisis

Es importante saber lo que se desea conocer, porque así lo que se consigue es bueno, por razón que el tiempo se ahorra asimismo se evita la data inútil.

Algunos objetivos afines son:

- Ubicar las bases que causan variación en la onda tensionaría.
- Objetivizar la energía transmitida.
- Indicar etapas potenciales en lugares diferentes del circuito instalado.
- Resolver problemática presente en dispositivos instalados.

**Tasa Total de Distorsión THD%:** Es la correspondencia en variación porcentual producida por el valor eficaz del residuo armónico en tensión (norma IEEE-519).

$$THD\%[V] = \sqrt{\frac{V^2 - V_1^2}{V}} \times 100$$

Ecuación 1: Tasa Total de Distorsión en tensión

$$THD\%[I] = \sqrt{\frac{I^2 - I_1^2}{I}} \times 100$$



## Ecuación 2: Tasa Total de Distorsión en corriente

**Límites:** En Estados Unidos usan la Norma IEEE-519 contiene 5% THD en tensión, usado en redes industriales y regímenes potenciales de media tensión.

## Retorno operacional de la inversión (ROI)

Parámetro por el cual el plazo de tiempo se mide así:

$$\text{ROI} = \frac{\text{I}}{\text{B}}$$

Ecuación 3: Retorno operacional de la inversión

Dónde:

I: Cantidad invertida para realizar el proyecto [\$]

B: ganancia obtenida [\$/año]

## Valor actual neto

Sirve para valorar lo que se invierte y no es más que la sustracción ocurrida [4].

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Ecuación 4: Valor actual neto

Dónde:

- VAN : Valor actual neto [\$]
- $V_t$ : Flujos de caja en cada tiempo [\$]
- r: Interés [%]
- n: Cantidad de períodos tomados en cuenta [años]
- $I_0$ : Valor del desembolso inicial de la inversión [\$]

## **Tasa interna de retorno**

Viene a ser la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento. (Agricultura, 2001).

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + \text{TIR})^t} - I_0 = 0$$

Ecuación 5: Tasa interna de retorno

### **1.4. Formulación del Problema**

¿Es factible que el estudio de la calidad de la energía eléctrica permita mejorar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex SAA? de Trujillo?

### **1.5. Justificación del estudio**

#### **Justificación Técnica:**

Se pretende aportar en la mejora de la eficiencia y capacidad de los elementos componentes del sistema eléctrico de la Planta de producción de Creditex SAA

#### **Justificación Económica:**

Al mejorar la continuidad operativa, y eficiencias de transformación, transporte y consumo de electricidad permitirá aumentar la producción reducir los costos de mantenimiento y de operación, al permitir reducir horas extras para recuperar tiempos perdidos.

#### **Justificación Laboral:**

Al implementar las medidas de mejoras técnicas y tecnológicas para mejorar la calidad de energía posibilitará que el personal técnico y de operación trabaje con mayor seguridad, en un ambiente de participación con sus ideas y conocimientos del proceso, en capacitación continua.

## **Justificación Tecnológica**

Habría la posibilidad de instalar nuevos equipos, de nueva tecnología como filtros activos con compensación automática.

### **Relevancia económica:**

Su evaluación permitirá reducir los costos en consumo de electricidad y mejorar la disponibilidad de los equipos. Logrando maximizar el beneficio económico.

### **Relevancia tecnológica**

El estudio de nuevas tecnologías para mitigar los armónicos, en la planta textil Creditex le permitirá estar un paso adelante y ser más competente en el mercado textil.

### **Relevancia institucional:**

La Institución Educativa Universitaria siempre está promoviendo esta clase de estudios, factor que facilita el lazo de trabajo empresa - Universidad. De esta manera el estudiante de esta escuela vuelque su bagaje cultural en el ambiente de trabajo.

### **Relevancia socio-ambiental:**

Al ser implementado la instalación de filtros activos en la empresa textil Creditex. El sistema eléctrico reducen las pérdidas de calor en los equipos, contribuyendo de esta manera a la reducción del calentamiento global.

## **1.6. Hipótesis**

¿Es factible que el análisis de la calidad de energía eléctrica permitirá mejorar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex S.A.A.?

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Realizar un estudio de la calidad de la energía eléctrica para determinar medidas que permitan mejorar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex SAA.

### **1.7.2. Objetivo específico**

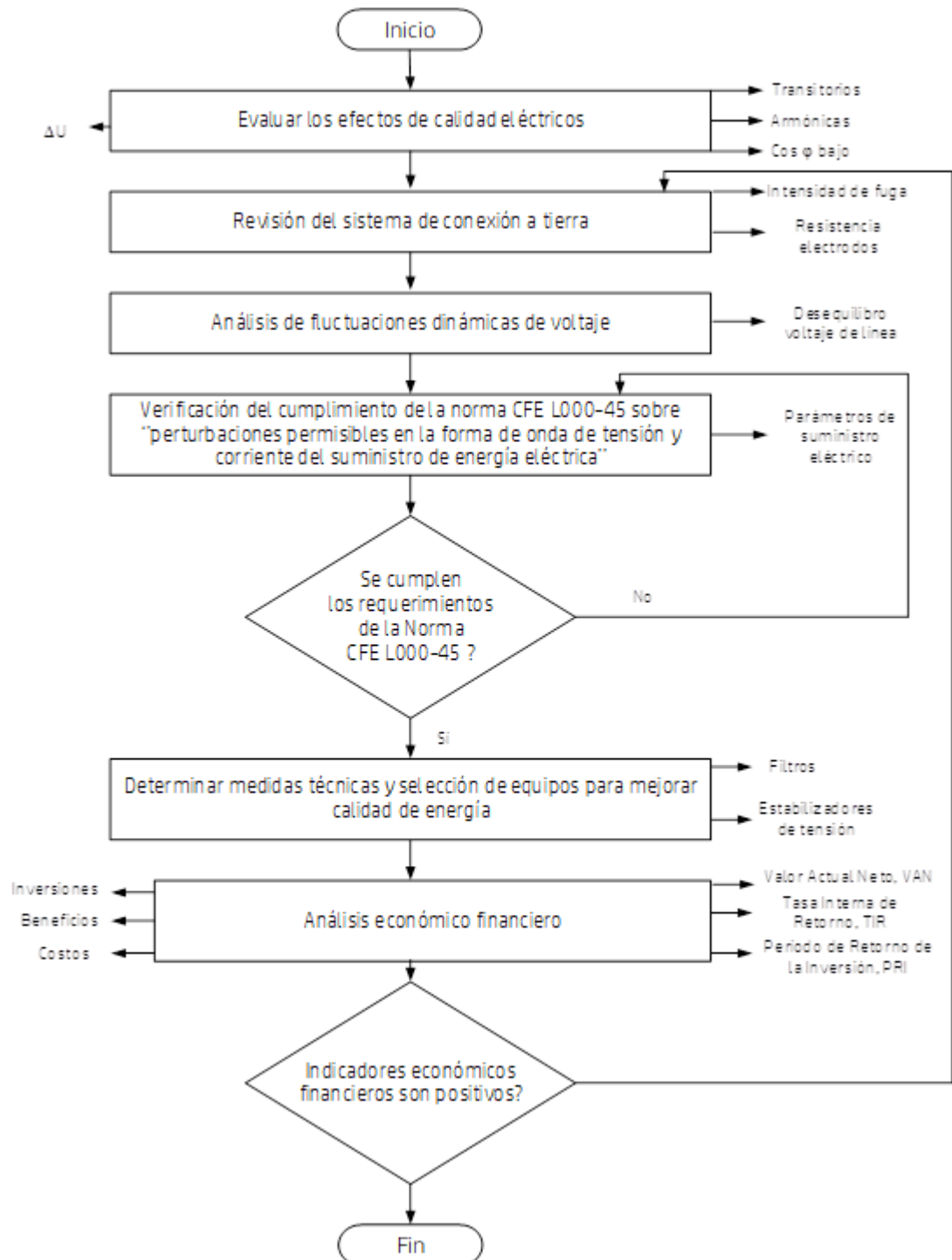
- a) Evaluar los efectos de calidad eléctricos: transitorios, armónicas, regulación del voltaje, consumo elevado de energía, bajo factor de potencia,
- b) Verificación del cumplimiento de la norma CFE L000-45 sobre "perturbaciones permisibles en la forma de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica"
- c) Determinación de confiabilidad actual y proyectada de motores afectados por calidad de energía
- d) Determinar medidas técnicas y selección de equipos para mejorar calidad de energía
- e) Realizar un análisis económico: determinar inversiones, beneficios, montos de inversión necesarios, costos de operación y de mantenimiento en nuevos equipos
- f) Realizar un análisis financiero, determinando los indicadores que conducen a la toma de decisiones: VAN, TIR; y PRI.

# METODO

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

Es de clase no experimental, ya que no se manipulará variable alguna.



### Tipo de estudio de investigación:

Es aplicativo, por que adapta las bases teóricas de los sistemas eléctricos a resolver la realidad problemática del proyecto.

Se considera también que es descriptivo porque en él se describe la interacción de las diferentes variables, independientes y dependientes, para obtener una solución en un contexto económico positivo, que asegure el retorno de la inversión.

### 2.2. Variable, Operacionalización.

#### Variable independiente

Estudio de la calidad energética

#### Variable dependiente

Aumento de la confiabilidad y productividad

#### Variables intervinientes

Variación de energía eléctrica: tensión, factor de potencia

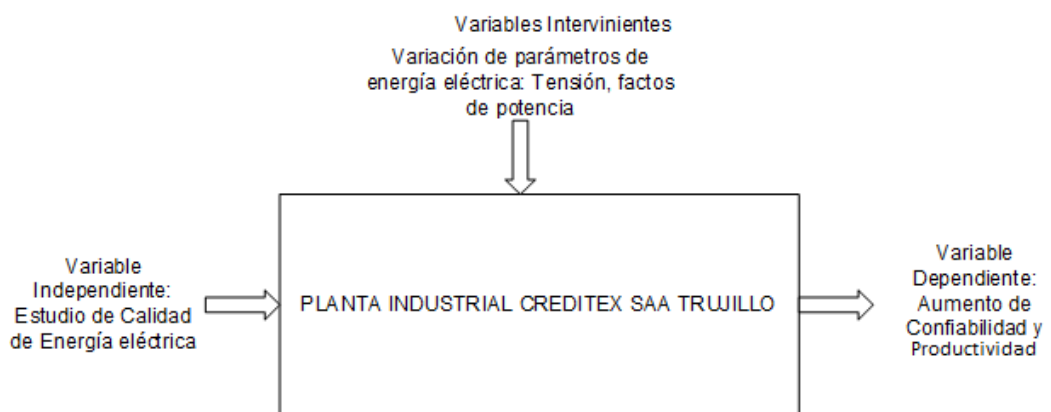


Figura 16: Variables estudiadas.

## Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
V.I. Estudio de calidad de energía eléctrica	Conjunto de parámetros que definen el adecuado estado de la energía eléctrica, para asegurar su transmisión y conversión adecuada	Se refiere al modo de onda senoidal eléctrica trifásica, en base a no presencia de armónicos y frecuencia constante	TDHM, THDI  HZ	Armónicos  0...60
V.D. Confiability operacional	Es la oportunidad que un activo industrial esté en operación durante un lapso de tiempo, sin falla	Se trata de medir el tiempo que dura un activo, sin falla, en relación a su TTF, tiempo hasta la falla.	h/año  veces/h	0-8500  0...3
dependiente: Productividad industrial	Cantidad de productos/servicios industriales que se producen en un determinado	Se trata de medir los parámetros que determinan la producción industrial,	Ton/d	0...100



## **Población y muestra**

### **2.3.1. Población:**

Sistemas eléctricos de potencia de Plantas procesadoras de productos textiles de la ciudad de Trujillo

### **2.3.2. Muestra:**

Sistema eléctrico de potencia de Planta industrial Creditex SAA, de la ciudad de Trujillo

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnica de recolección de datos**

#### **2.4.1.1. Entrevistas.**

Se entrevistó a los trabajadores del departamento de taller eléctrico, obteniendo la data informativa correspondiente, así como los desperfectos de producción. Además se entrevistó al encargado del taller, para conocer que es lo que pensaba del estudio realizado.

#### **2.4.1.2. Analítica.**

Se llevaron a cabo las tomas de mediciones de los indicadores de tensión, corriente, las potencias reactiva, activa, aparente, el factor de potencia y la tasa de distorsión armónica THD%, recurriendo al uso de un analizador de redes PowerLogic ION 7650, con la finalidad de hallar los resultados.

### **Observación directa**

Se irá al lugar donde se encuentra el equipo de medición y se verificara los valores registrados por el analizador de redes.

### **Análisis de documentos**

Se recurre a fuentes bibliográficas reales (libros, tesis, revistas, etc.) que contengan información respectiva, se consultará el tiempo de paro de las maquinas registrados en producción.

## 2.4.2 Instrumentos de recolección de datos.

### 2.4.2.1. Analizador de redes.

Características técnicas:

Marca: Schneider.

Modelo: PowerLogic ION 7650.

Serie: MJ- 1109A504-02

Potencia: 20VA

Frecuencia: De 47 a 63Hz.

Corriente salida: 0.05 – 20<sup>a</sup>

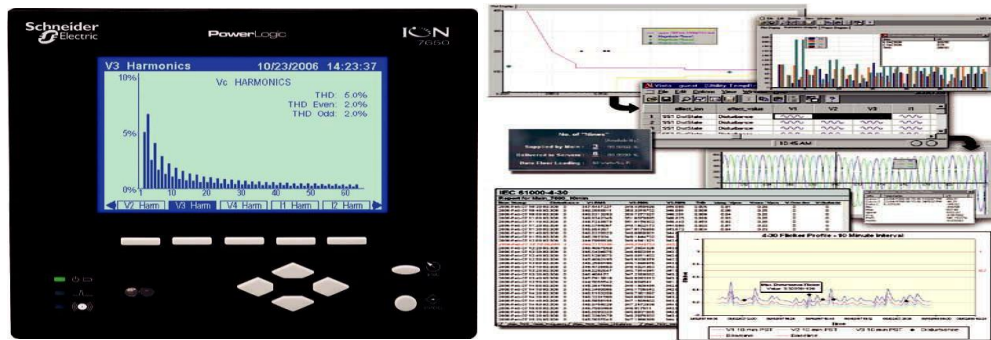


Figura 17: Analizador de redes.

### 2.4.2.2. Pinza amperimétrica.

Características:

Marca: Fluke

Modelo: Fluke-902 FC

Serie: IEC 40329



Figura 18: Pinza amperimetrica Fluke-902FC

### **2.4.3 Validez y confiabilidad**

#### **2.4.3.1 Validez**

Será brindada por las normas establecidas

#### **2.4.3.2 Confiabilidad**

Poseerá la seguridad o consistencia de la información hallada durante la investigación.

### **2.5. Métodos de análisis de datos.**

Se hará análisis descriptivo, utilizando las ecuaciones que describir el comportamiento de la onda eléctrica, en la muestra de estudio, se utilizará estadística desviación estándar, varianza, etc.

### **2.6. Aspectos éticos**

La información y datos son nuevo, sin plagio de ningún tipo, las teorías previas serán referenciadas, mencionando la fuente original, respetando la propiedad intelectual. Los datos y estadísticas de proceso serán validados por personal de Planta. Los resultados serán elaborados por el autor, asimismo las conclusiones y recomendaciones

# RESULTADOS

### III. RESULTADOS

#### Medidas técnicas y tecnologías para mejorar la calidad de energía

#### Dimensionamiento de filtros activos de armónicos para motores de 100 HP

##### Datos iniciales

- Potencia nominal del motor eléctrico: 100 HP = 74.63 kw
- Tensión trifásica del motor: 440 V
- Intensidad promedio del motor eléctrico,  $I_{rms} = 83$  A
- THD-i: 28.5 (%)
- FPP: 0.92
- Angulo: 23.08°
- PPRC, absorbida por cada motor = 30.18 KVAR
- Potencia activa absorbida por cada motor: 58.20 kw

##### Cálculo de intensidad de corriente armónica, $I_H$ :

Se calcula así:

$$I_H[A] = \frac{I_{RMS}}{\sqrt{\frac{1}{THD_i^2} + 1}}$$

Ecuación 6: Listado de anomalías por baja calidad de energía, su efecto y soluciones

Reemplazando y procesando:

$$\rightarrow I_H[A] = \frac{83}{\sqrt{\frac{1}{0.285^2} + 1}} = 22.75 \text{ A}$$

##### Capacidad total de inyección del filtro:

$$I_{FILTRO} = \sqrt{I_H^2 + I_R^2}$$

Ecuación 7: Capacidad requerida del filtro activo

Se calcula:

$$I_R(A) = \frac{Q_{carga}}{\sqrt{3} * U_L}$$

Ecuación 8: Corriente efectiva reactiva requerida

Qc: Potencia reactiva absorbida por el motor de 100 HP

Reemplazando:

$$\rightarrow I_R(A) = \frac{30180 \text{ VAR}}{\sqrt{3} * 440 \text{ V} * 1} = 39.6 \text{ A}$$

Luego la capacidad del filtro requerido:

$$I_{FILTRO} = \sqrt{22.75^2 + 39.6^2} = 45.67 \text{ A}$$

Luego, seleccionamos un filtro, realizado en función de la intensidad normalizada, Shneider electric, fabricante de filtros, diseñador de esta técnica.

Tabla de selección del filtro.

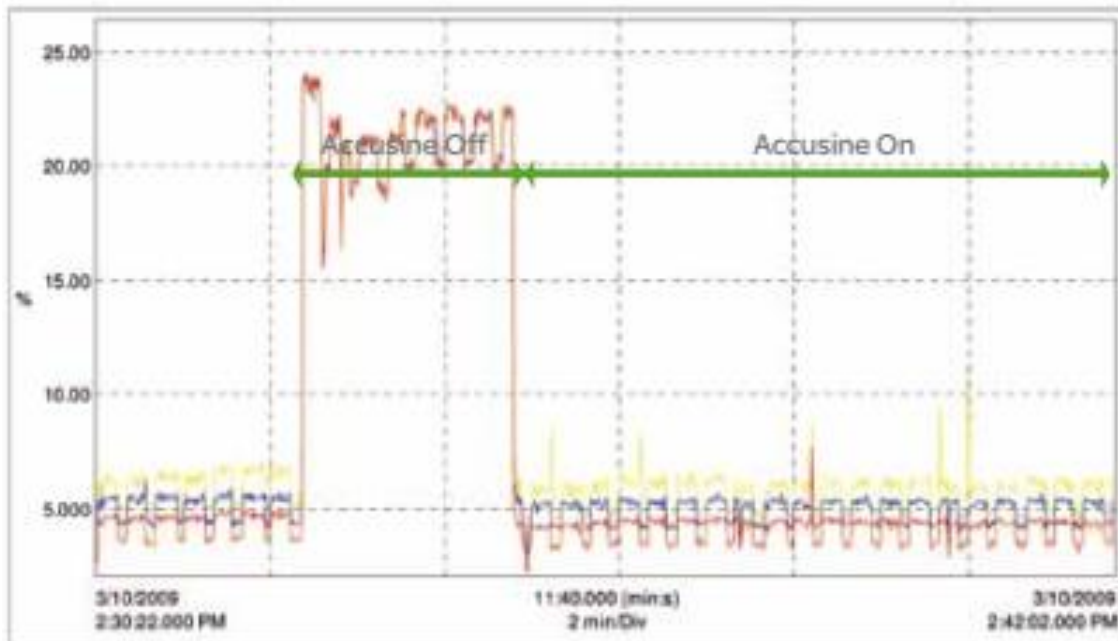
Tabla 6: Tabla de selección de transformadores de corriente

Corriente nominal (rms)	Máxima potencia reactiva (kVAR)			Referencia	Encerramiento	Dimensiones	Peso
	208 V	400 V	480 V		Clase	Figura #	Lbs (kg)
50	18	34,8	41,8	PCS050D5N126S	NEMA 12	1	661 (300)
				PCS050D5IP306S	IP 30		
100	38	88,2	83,1	PCS100D5N126S	NEMA 12	2	771 (350)
				PCS100D5IP306S	IP 30		
300	108	207,8	249,4	PCS300D5N126S	NEMA 12	3	1212 (550)
				PCS300D5N126S	IP 30		

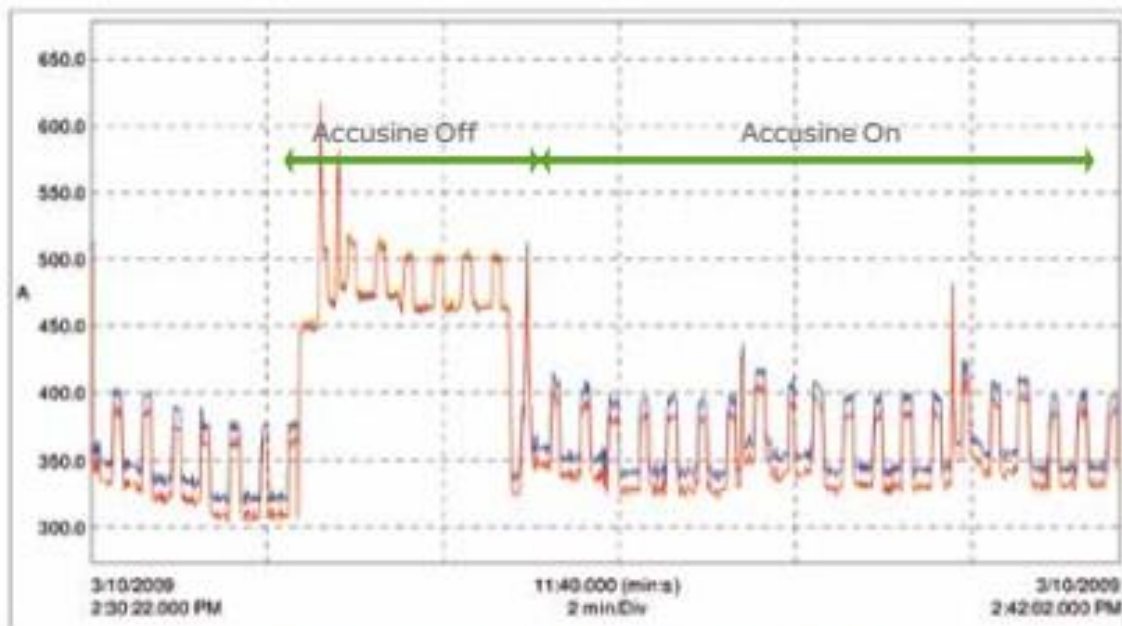
Capacidad en Amp	Catálogo No.	Dimensiones		Peso (lb)	Precisión	Capacidad de carga	Corriente secundaria
		A (ID)	D (OD)				
500	CT500SC	4.0	6.5	3.5	2%	3 VA	5 A
1000	CT1000SC	4.0	6.5	3.5	1%	10 VA	5 A
3000	CT3000SC	6.0	8.5	4.25	1%	45 VA	5 A
5000	CTFCL5000	8.0	10.5	5.5	1%	45 VA	5 A

Se escoge el filtro PCS050D5N126S de 50 A, para Q<sub>máx</sub> = 41.8 Kvar.

A continuación, se muestran las proyecciones de los resultados:



Comportamiento de la distorsión en corriente con y sin filtro en operación.



Comportamiento de la corriente total de carga

Figura 19. Actuación de la corriente total de carga

- Se observa que la corriente RMS baja tremendamente, apartando el que genera los armónicos.

## Proyección de los parámetros con la instalación de filtros activos

Según Schneider Electric, al instalar un filtro activo de armónicos:

- La THD de intensidad se reduce hasta el 5%
- El factor de potencia se corrige hasta 0.96, en modo normal.
- La intensidad efectiva de armónicos se reduce en 6.25 veces

Luego, la intensidad nueva, efectiva de armónicos, sería:

$$I_{H-con\ filtro}[A] = \frac{I_{H-sin\ filtro}}{6.25}$$

Ecuación 9: Intensidad nueva efectiva de armónicos

$$I_{H-con\ filtro}[A] = \frac{I_{H-sin\ filtro}}{6.25} = \frac{22.75}{6.25} = 3.64\ A$$

Para THDi con filtro = 5 %

$$I_{H-con\ Filtro} * \sqrt{\frac{1}{THD_{CFi}^2} + 1} = I_{RMS-con\ Filtro}$$

Ecuación 10: Intensidad de línea, rms con filtro

$$\rightarrow 3.64\ A * \sqrt{\frac{1}{0.05^2} + 1} = 72.89\ A = I_{RMS-con\ Filtro}$$

La nueva potencia activa del sistema, sería:

$$P_{con\ Filtro}[kw] = \sqrt{3} * U_L(V) * \cos\phi * I_L(A) * 10^{-3}$$

Ecuación 11: Potencia activa con filtro

$$P_{con\ Filtro}[kw] = \sqrt{3} * 440\ V * 0.96 * 72.89\ A * 10^{-3} = 53.33\ kw$$

Reducción de la potencia activa:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 58.20 - 53.33 = 4.87 \frac{kw}{ME}$$



Potencia reactiva nueva, absorbida:

$$Q_2(\text{Kvar}) = P_2 * \tan\phi_2$$
$$Q_2(\text{Kvar}) = 53.33 * \tan 16.26 = 15.55 \text{ Kva}$$

Reducción de potencia reactiva absorbida, con filtros de armónicos

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2$$
$$\Delta Q = 30.18 - 15.55 = 14.63 \text{ Kvar}$$

Siendo 14 el número de motores, se tiene:

Reducción total de potencia activa:  $\Delta P_t = 14 \text{ ME} * 4.87 \text{ kw/Me} = 68.18 \text{ kw}$

Reducción total de potencia reactiva:  $\Delta Q_t = 14 \text{ ME} * 14.63 \text{ kw/Me} = 204.83 \text{ kvar}$

### Cambio de tipo de capacitores para compensar el factor de potencia

La potencia del banco trifásico es de 160 Kvar por fase.

Se selecciona del catálogo de Circutor, la Batería automática con filtros de rechazo y tiristores FRE, con las siguientes características:

$$Q_n = 500 \text{ Kvar}$$

$$F = 60 \text{ Hz}$$

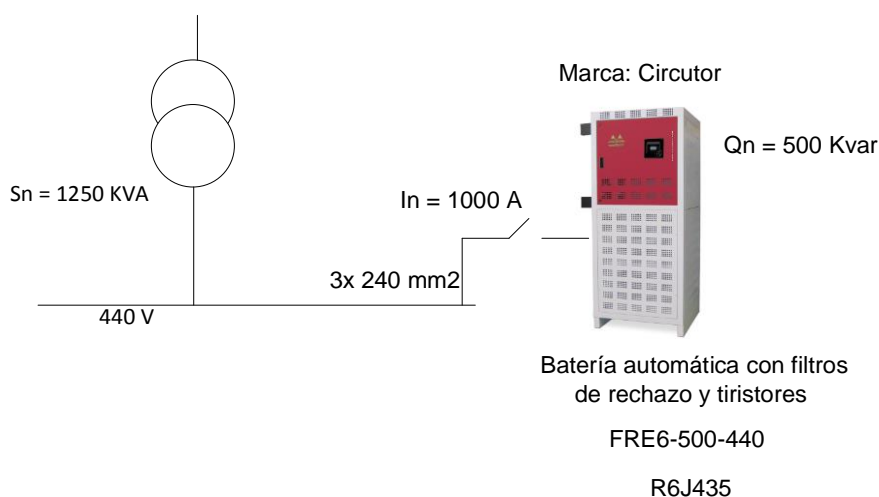


Figura 20. Instalación de banco de condensadores automático con filtros de rechazo en BT Transformador de 1250 KVA

### 3.1.1. Verificación del cumplimiento de la norma CFE L000-45

Tabla 7: Valores medidos y normados de THD de tensión y corriente en Planta Creditex.

Item	Tasa de distorsión armónica de tensión			Item	Tasa de distorsión armónica de Intensidad		
	Real	Nominal	Diferencia		Real	Nominal	Diferencia
	THD-U (%)	THDn-U (%)	$\Delta$ THD-U, %		THD-I (%)	THDn-I (%)	$\Delta$ THD-I, %
1	5.75	5	0.75	1	27.15	15	12.15
2	7.8	5	2.8	2	29.25	15	14.25
3	9.25	5	4.25	3	27.88	15	12.88
4	3.75	5	-1.25	4	29.63	15	14.63
5	3.45	5	-1.55	5	31.25	15	16.25
6	6.5	5	1.5	6	30.22	15	15.22
7	8.1	5	3.1	7	34.25	15	19.25
8	4.25	5	-0.75	8	30.8	15	15.8
9	5.2	5	0.2	9	29.65	15	14.65
10	4.9	5	-0.1	10	28.45	15	13.45
11	4.22	5	-0.78	11	29.63	15	14.63
12	8.4	5	3.4	12	27.8	15	12.8
13	6.45	5	1.45	13	28.45	15	13.45
14	5.42	5	0.42	14	30.2	15	15.2
15	3.75	5	-1.25	15	28.82	15	13.82
16	3.9	5	-1.1	16	26.55	15	11.55
17	7.8	5	2.8	17	27.85	15	12.85
18	8.9	5	3.9	18	31.5	15	16.5
19	4.69	5	-0.31	19	24.77	15	9.77
20	7.22	5	2.22	20	23.45	15	8.45
21	5.63	5	0.63	21	26.56	15	11.56
22	4.75	5	-0.25	22	27.66	15	12.66
23	3.9	5	-1.1	23	26.95	15	11.95
24	4.88	5	-0.12	24	31.2	15	16.2
25	6.77	5	1.77	25	26.5	15	11.5
26	7.66	5	2.66	26	25.22	15	10.22
27	9.88	5	4.88	27	25.69	15	10.69
28	7.22	5	2.22	28	28.6	15	13.6
29	3.88	5	-1.12	29	27.9	15	12.9
30	4.99	5	-0.01	30	31.25	15	16.25
	5.98	THD- U promedio			28.50	THD- I promedio	

Determinación de confiabilidad actual y proyectada de motores hilanderos.

NUMERO DE FALLAS DE MOTORES ELÉCTRICOS SECCION AÑO 2017 EN LA EMPRESA CREDITEX POR MALA CALIDAD DE ENERGÍA																										
Mtores eléctricos	Ene-17		Feb-17		Mar-17		Abr-17		May-17		Jun-17		Jul-17		Ago-17		Set-17		Oct-17		Nov-17		Dic-17		TOTAL	
	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/vez	Vece/s/mes	duración, h/año
ME nr. 1	1	0.55	2	0.3	1	0.7	2	0.4	1	1.2	2	1.2	1	0.25	1	0.35	1	0.45	1	0.2	2	0.4	2	0.55	17	9.4
ME nr. 2	2	1.25	1	0.25	1	0.65	2	0.55	2	0.55	1	0.55	1	0.15	2	0.5	0	0	2	0.4	1	0.35	2	1.15	17	10.75
ME nr. 3	1	0.35	1	0.6	2	0.4	0	0	2	0.55	0	0	2	0.45	1	0.7	0	0	2	1.2	1	1.25	0	0	12	8.1
ME nr. 4	2	0.4	2	0.45	1	0.35	1	0.5	2	0.75	2	0.65	1	0.4	2	0.65	0	0	1	0.8	0	0	1	0.9	15	8.75
ME nr. 5	2	1.15	2	0.35	2	0.25	2	0.5	1	0.8	0	0	0	0	1	0.6	2	1.5	2	0.7	1	0.65	2	0.55	17	12.05
ME nr. 6	0	0	2	0.15	1	1	2	0.4	0	0	2	1.1	0	0	1	0.35	1	1.25	1	0.6	0	0	1	0.25	11	6.75
ME nr. 7	2	0.15	0	0	0	0	2	0.25	0	0	1	1.2	2	1.1	0	0	2	1.2	1	0.4	0	0	1	0.35	11	7.35
ME nr. 8	2	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.45	0	0.6	1	0.45	1	1	0	0	1	1.5	1	0.75	7	5.65
ME nr. 9	1	0.5	0	0	1	1.25	0	0	1	0.55	0	0	0	0.55	1	0.75	1	1	0	0	1	1.25	0	0	6	5.3
ME nr. 10	1	0.35	0	0	0	0	0	0	1	0.35	1	0.6	1	0.75	0	0	0	0	1	0.9	0	0	1	1.25	6	4.2
ME nr. 11	2	0.4	2	0.5	1	1.15	1	0.6	1	0.3	2	0.5	1	1.15	0	0	1	0.75	0	0	2	0.5	2	0.25	15	8.25
ME nr. 12	1	0.7	1	0.4	1	0.6	2	1.2	1	0.65	1	0.5	2	0.6	2	1.5	2	0.7	0	0	1	0.6	2	1.15	16	13.75
ME nr. 13	0	0	1	0.35	0	0	1	1.3	0	0	0	0	1	0.45	0	0	1	0.25	1	1.5	0	0	1	1.5	6	5.35
ME nr. 14	0	0	0	0	1	1.25	0	0	1	0.45	1	0.35	1	1.3	0	0	0	0	1	1.2	1	1.2	1	0.4	7	6.15

Tabla 8: Fallas en ME 100 HP Creditex, debido a baja calidad de energía.

Cálculo de la confiabilidad actual, para cada, motor de 100 HP

$$R_a(\%) = e^{-\lambda * T}$$

Para ME nr. 1:

$$R_{a-ME1} = e^{-\frac{1}{450} * 720} = 20.19 \%$$

De similar modo y con la misma ecuación se determina la confiabilidad actual para cada motor eléctrico

Cálculo de la confiabilidad proyectada, con mejora de calidad de energía

Se eliminarán las paradas de producción, el tiempo de evaluación será el mismo, de 720 horas, pues cada mes se hace una parada de medio día, para mantenimiento

$$R_p(\%) = e^{-\lambda_p * T}$$

Para ME nr. 1:

$$R_{p-ME1} = e^{-\frac{1}{720} * 720} = 36.79 \%$$

De similar modo y con la misma ecuación se determina la confiabilidad proyectada para cada motor eléctrico

CONFIABILIDAD ACTUAL Ra			CONFIABILIDAD ACTUAL Rp		
MTTFa	T	Ra	MTTFp	T	Rp
450	720	20.19%	720	720	36.79%
375	720	14.66%	720	720	36.79%
478	720	22.17%	720	720	36.79%
515	720	24.71%	720	720	36.79%
495	720	23.35%	720	720	36.79%
598	720	30.00%	720	720	36.79%
612	720	30.84%	720	720	36.79%
388	720	15.63%	720	720	36.79%
374	720	14.59%	720	720	36.79%
625	720	31.60%	720	720	36.79%
602	720	30.24%	720	720	36.79%
555	720	27.33%	720	720	36.79%
488	720	22.87%	720	720	36.79%
472	720	21.75%	720	720	36.79%

Tabla 9: Confiabilidad actual y proyectada para cada motor eléctrico

### 3.2 Análisis económico

#### 3.2.1 Inversiones para mejorar la calidad de energía

Inversiones en activos, MO, Obras <u>civiles</u> y accesorios eléctricos para mejorar la calidad de energía en CREDITEX S.A.A					
<u>Item</u>	Denominación	Cantidad	U. M.	Costo unit.	Sub Total
				Soles/U M	Soles
1	Tableros de distribución, electrostáticos, 50 x 65 x 40 cm	14	Piezas	215	S/3,010
2	Conductor eléctrico <u>trifásico NYY</u> NSY 80, 25 mm <sup>2</sup>	150	m	38.75	S/5,813
3	Interruptor termomagnético de caja moldeada, 150 A	14	Piezas	750	S/10,500
4	Contactores electromagnéticos trifásicos, 150 A	14	Piezas	625	S/8,750
6	Filtro activo de armónicos, 50 A	14	Pieza	6400	S/89,600
7	Mano de Obra instalación equipos y accesorios eléctricos	1	<u>Glb</u>	5500	S/5,500
8	Capacitación del personal en circuitos y planos eléctricos	1	<u>Glb</u>	3500	S/3,500
9	Preparación de planos nuevos unifilares, en Auto <u>Cad</u>	1	<u>Glb</u>	500	S/500
10	Obras civiles instalación cables	1	<u>Glb</u>	7500	S/7,500
11	Batería automática de condensadores con filtros de rechazo y tiristores	1	<u>GLb</u>	12600	S/12,600
12	Transformador de corriente 500/5 A	9	Pieza	4800	S/43,200
			Total		S/190,473

Tabla 10: Inversiones proyectadas

## Beneficio económico por mejorar la calidad de energía

Instalando y poniendo en función los dispositivos para mejorar la calidad de energía, ya no habrá paradas de producción por fallas y sobrecalentamiento de motores, como por disparos de dispositivos de protección.

$$\text{Beneficio} = \text{Tpo parada} \left( \frac{\text{h}}{\text{año}} \right) * \text{Producción} \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) * \text{Precio venta} \left( \frac{\text{Soles}}{\text{kg}} \right) \\ * \text{Utilidad}(\%)$$

$$\rightarrow \text{Beneficio} = 111.8 \frac{\text{h}}{\text{año}} * \frac{30\text{kg}}{\text{h}} * \frac{76.8\text{soles}}{\text{kg}} * 0.35 = 90155 \text{ soles/año}$$

Beneficio por reducción de consumo de potencia activa:

$$68.18 \text{ kw} * 8000 \text{ h/año} * 0.23 \text{ soles/kw-h} = 125451 \text{ soles/año}$$

Beneficio total por mejora de calidad de energía:  $90155 + 125451 = 215606$  soles/año

### 3.1.2. Inversión y financiamiento bancario

Inversión y financiamiento bancario		
Descripción		Monto (S/.)
Equipos		190,472.50
Otros		-
<u>TOTAL DE COSTOS ESTIMADOS</u>		190,472.50
<u>TOTAL DE INVERSION DEL PROYECTO</u>		S/. 190,472.50
FINANCIAMIENTO		
Descripción		Monto (S/.)
Aporte propio, % Inversión total	15%	S/. 28,570.88
Financiamiento		S/. 161,901.63
<u>Total inversión</u>		S/. 190,472.50

### Condiciones del Financiamiento

Descripción		Monto (S/.)
Préstamo		S/. 161,901.63
Tasa efectiva anual		12.50%
Tasa efectiva mensual		1.041%
Plazo, meses		18

### 3.1.3. Plan de pagos mensuales del préstamo

Plan de Pagos mensuales					
Mes	Préstamo	Interés	Amortización	Cuota	Saldo
1	161,901.63	1,596.93	8,264	9,861	153,637.77
2	153,637.77	1,515.42	8,345	9,861	145,292.40
3	145,292.40	1,433.10	8,428	9,861	136,864.72
4	136,864.72	1,349.98	8,511	9,861	128,353.91
5	128,353.91	1,266.03	8,595	9,861	119,759.16
6	119,759.16	1,181.25	8,680	9,861	111,079.62
7	111,079.62	1,095.64	8,765	9,861	102,314.48
8	102,314.48	1,009.19	8,852	9,861	93,462.88
9	93,462.88	921.88	8,939	9,861	84,523.98
10	84,523.98	833.71	9,027	9,861	75,496.90
11	75,496.90	744.67	9,116	9,861	66,380.78
12	66,380.78	654.75	9,206	9,861	57,174.75
13	57,174.75	563.95	9,297	9,861	47,877.91
14	47,877.91	472.25	9,389	9,861	38,489.38
15	38,489.38	379.64	9,481	9,861	29,008.23
16	29,008.23	286.13	9,575	9,861	19,433.57
17	19,433.57	191.68	9,669	9,861	9,764.47
18	9,764.47	96.31	9,764	9,861	-0.00



3.2. Análisis financiero, determinando los indicadores que conducen a la toma de decisiones, como son el valor actual neto, Van, la tasa interna de retorno, TIR; y al período de retorno de la inversión, PRI

FLUJO DE CAJA FINANCIERO											
	Año										
Pago Servicio de deuda	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Préstamo	-161902										
interés		15593									
Amortización, S./año		161902									
Costo Operación, S./año		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total egresos, S./año		177494	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beneficio anual		215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605
FLUJO DE CAJA FINANCIERO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	161,901.63	38,111	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605

COK	12.5%					
VAN	874,008			PRI (Años)	0.6	Años
TIR	50%			PRI: Periodo de Retorno de la Inversión		
Número de años	10	Años		PRI (Años)= $(VA(I_0))/(VA(B_n)/N)$		

# DISCUSIÓN

## IV. DISCUSIÓN

**4.1** Los valores obtenidos durante la investigación y el análisis en la sub estación N°4, en la empresa Creditex S.A.A, podemos determinar que los valores tanto como frecuencia, voltaje se encuentran dentro de los estándares de la norma NTC1340  $\pm 5\%$ ,

Los valores obtenidos no violaban las normas del NTC1350.

**4.2** Al realizar el análisis con el analizador de redes PowerLogic ION 7650 y el software Ion Setup V3.0, pedimos determinar el grado de contaminación armónica teniendo como resultados los valores siguientes THDV 6.2% y THDI 28.5%, los cuales sobrepasan los valores admisibles por la norma.

Estos resultados han sido corroborados por las tesis Marcos, que durante si investigación obtuvo los valores siguientes THDV= 4.8% y THDI=27% donde determinamos que el valor THDV está dentro de la norma admisible, no obstante el valor THDI, sobre pasa la norma. Comparamos nuestros valores y verificamos que respectivamente nuestros valores tienen concordancia por lo tanto son válidos.

**4.3** De acuerdo a la investigación y el análisis de la calidad de la energía eléctrica en la empresa Creditex S.A.A. el analizador de redes detecto un valor alarmante en la escala de flicker un valor de 2 que sobre pasa las norma  $0 < 1$  esto coincido en el lanzamiento de planta, donde se realizó el arranque de cargas muy elevadas de motores eléctricos, lo cual causo la perdida de datos de producción de las máquinas.

El valor obtenido se comparó con las normas mencionadas en dicho proyecto y verificamos que nuestro valor tiene concordancia, por lo tanto es válido.

**4.4** Se ha diseñado un diagrama unifilar tanto el actualmente y el proyectado donde se encuentran el punto de instalación de los equipos, esto conlleva un gran apoyo en la implementación de la nueva tecnología e instalación de filtros activos, que nos servirán para mitigar las corriente armónicas.

**4.5** de acuerdo a los cálculos realizados obtuvimos un resultado favorable en la confiabilidad de las máquinas de un valor de 20.19% a un 36.79%, donde nos da la certeza que las maquinas trabajaran más tiempo de lo actual.

Con la implementación de filtros activos nos dio como resultado la disminución de la potencia activa de 68 kW, logrando un benéfico total anual de 215,605 soles /año, y un retorno de inversión de 0.5 años.

Estos valores han sido corroborados con la tesis de Julio Machaca y Abell Coila, quienes implementaron filtros pasivos logrando con inversión de 36,456.89 con un horizonte de 15 años y un tiempo de retorno de inversión de 2 años.

**4.6** Durante toda nuestra investigación le damos la razón, al paper de Vicente Nieto y Otto Alvarado que los principales generadores de armónicos son las cargas no lineales, las cuales distorsionan la onda senoidal, lo cual afecta en gran manera el funcionamiento de las maquinas eléctricas y electrónicas, y la mejor solución para corregir estos fenómenos son la implantación de filtros tanto activos como pasivos.

# CONCLUSIONES

## **V. CONCLUSIÓN**

**5.1** Los valores tanto frecuencia y voltaje se encuentran dentro de las normas admisibles de la NTC1340  $\pm 5\%$ , de esta manera los equipos no tienen riesgo de sufrir algún daño.

**5.2** En el análisis del analizador de redes PowerLogic ION setup, se detectó la presencia de armónicos tanto de voltaje y de corriente THDV 6.2% y THDI 28.5%.

**5.3** El analizador de redes detecto un valor alarmante en la escala de flicker un valor de 2 que sobre pasa las norma  $pst\ 0 < 1$ .

**5.4** Se implementó un diagrama unifilar tanto actual como el proyectado

**5.5** Se obtuvo un resultado favorable en la disponibilidad, el cual incremento de unos 20.19% a 36.79%, además hubo una disminución de la potencia activa de 68 kW, logrando un benéfico total anual de 215,605 soles /año, y un retorno de inversión de 0.6 años.

**5.6** Se concluyó que las principales causas que originan los armónicos son las cargas no lineales, y como solución la implantación de filtros de armónicos.

# RECOMENDACIONES



## **VI. RECOMENDACIONES**

**6.1** Implementar las instalaciones de filtros activos para cada motor eléctrico, así como la renovación tecnológica de los bancos de condensadores.

**6.2** Aplicar un plan de capacitación a los operarios y personal de mantenimiento eléctrico en el manejo de las nuevas tecnologías para mejorar la calidad de energía

**6.3** Luego de aplicar las mejoras tecnológicas en la línea de alimentación de los catorce motores de 100 HP cada uno, analizar las cargas de iluminación eléctrica del área de trabajo, que cuentan con fluorescentes de 36 w cada uno, más de 2000 piezas, que son cargas no lineales, alimentadas desde un transformador específico.

**6.4** Diseñar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo, que incluya análisis predictivos, para obtener una alta confiabilidad de los sistemas eléctricos.

**6.5** Analizar los dispositivos de protección eléctrica y calibrarlos de acuerdo a los nuevos amperajes que se obtendrán, luego de poner en servicio los filtros de armónicos.

**6.6** Analizar el comportamiento de los nuevos dispositivos que contarían con filtros activos para no intensificar las intensidades debido a la variación de la calidad de energía.

# REFERENCIAS

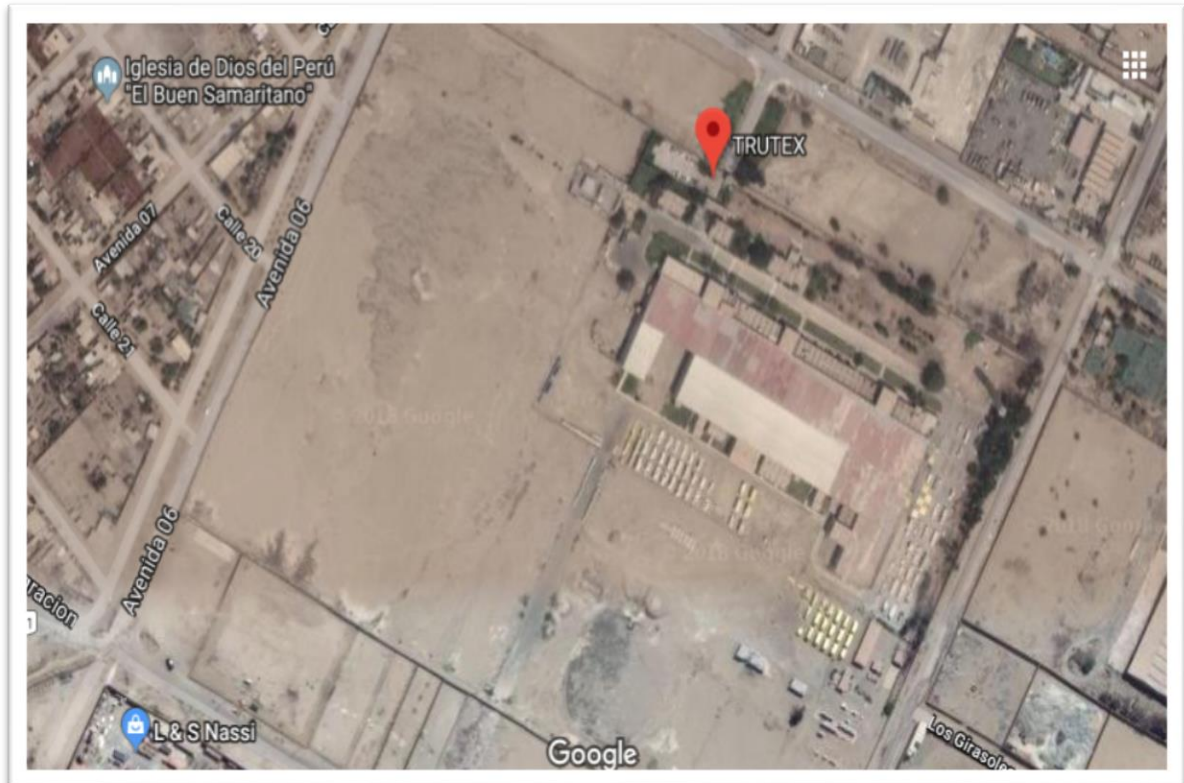
## 7. REFERENCIAS

- [1] Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica, UNED, 2013
- [2] Avelino Pérez, Pedro, Transformadores de distribución, Reverte, México, 1998, 237 p.p.
- [3] Gilberto Enríquez Harper, El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica, 2001. Editorial: LIMUSA
- [4] IEEE - Power System Engineering Committee. (1992). *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System Analysis*.
- [5] IEEE Std. 1100-1999 Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, 253 p.p.
- [6] IEEE Std. 1159-1995 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 76 p.p.
- [7] IEEE Std. 519-1992 Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, 101 p.p.
- [8] José Carpio Ibáñez, Horacio Torres-Sánchez, Estrella Esperanza Parra-López. Calidad de Energía Eléctrica, EAE, 2011
- [9] Manuel Pérez Donsión, Calidad de la Energía Eléctrica, mayo de 2016
- [10] Mazorra Soto, Jorge, Calidad de la Energía Eléctrica: Incidencia Técnico-Económica-energética y Ambiental en Empresas Industriales y de Servicios. CreateSpace Independent Publishing Platform, Apr 15, 2013.
- [11] Rashid Muhammad, M., Electrónica de potencia, 3° edición, Pearson, Guatemala, 2004, 904 p.p.
- [12] Roger C., Dugan, Surya Santoso, et. Al, Electric Power Quality Systems Second Edition, 2° edition McGraw Hill, 2002, 528 p.p.

## ANEXOS

### Anexo 01: Ubicación de Creditex SAA

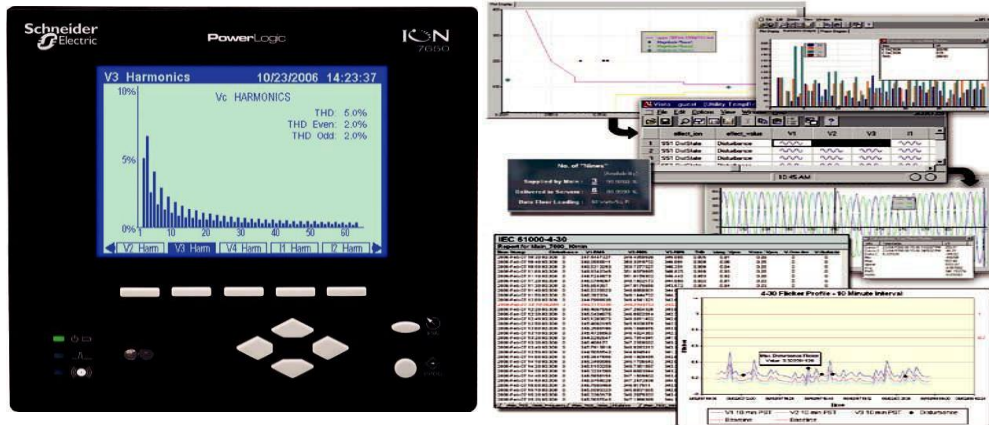
Planta Trujillo: en Mz. G, Lt. 1 Parque Industrial



## Anexo 02: Analizador de redes.

### Características técnicas:

Marca: Schneider.  
Modelo: PowerLogic ION 7650.  
Serie: MJ- 1109A504-02  
Potencia: 20VA  
Intensidad: Por fase, neutro, media trifásica.  
Tensión: Media trifásica, L-L y L-N.  
Frecuencia: De 47 a 63Hz.  
Corriente salida: 0.05 – 20A



### Anexo 03: Pinza amperimétrica.

Características:

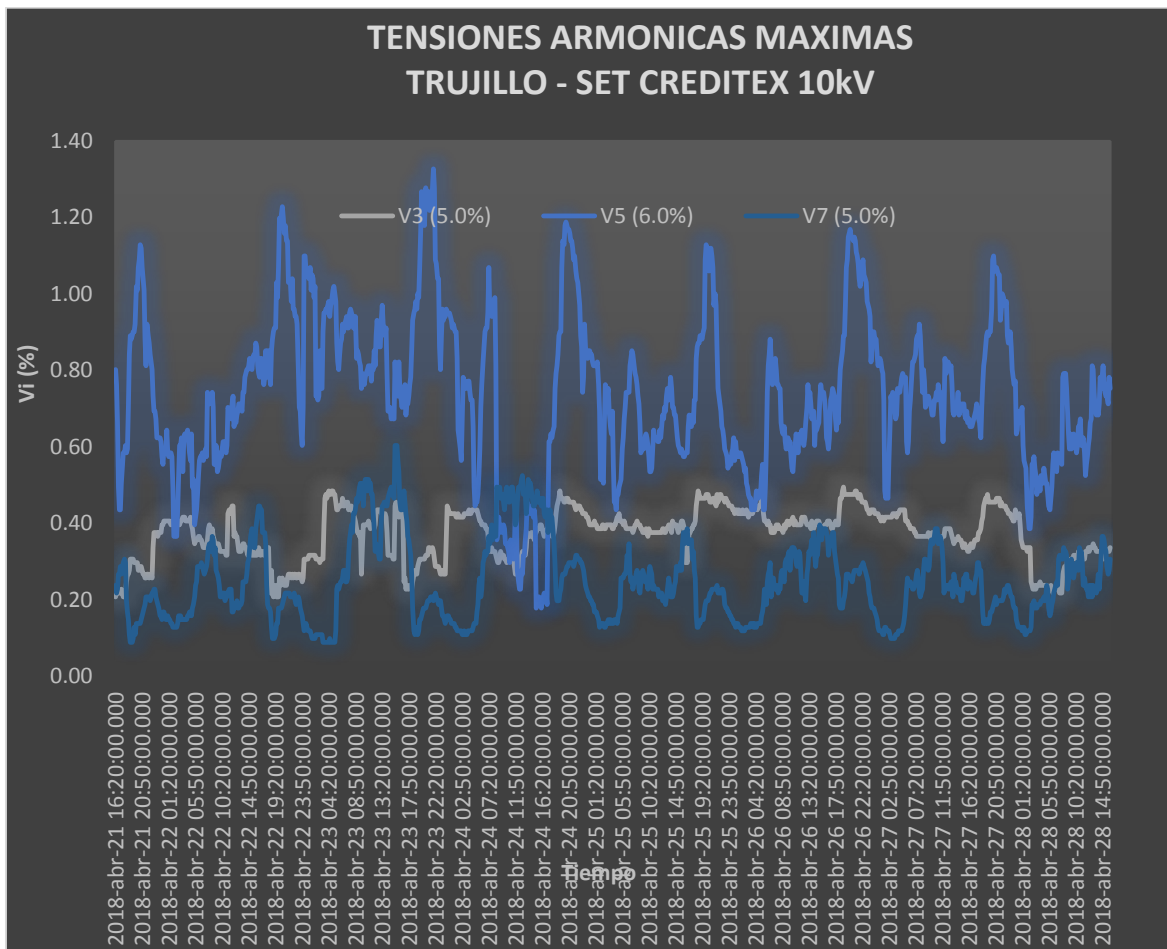
Marca: Fluke

Modelo: Fluke-902 FC

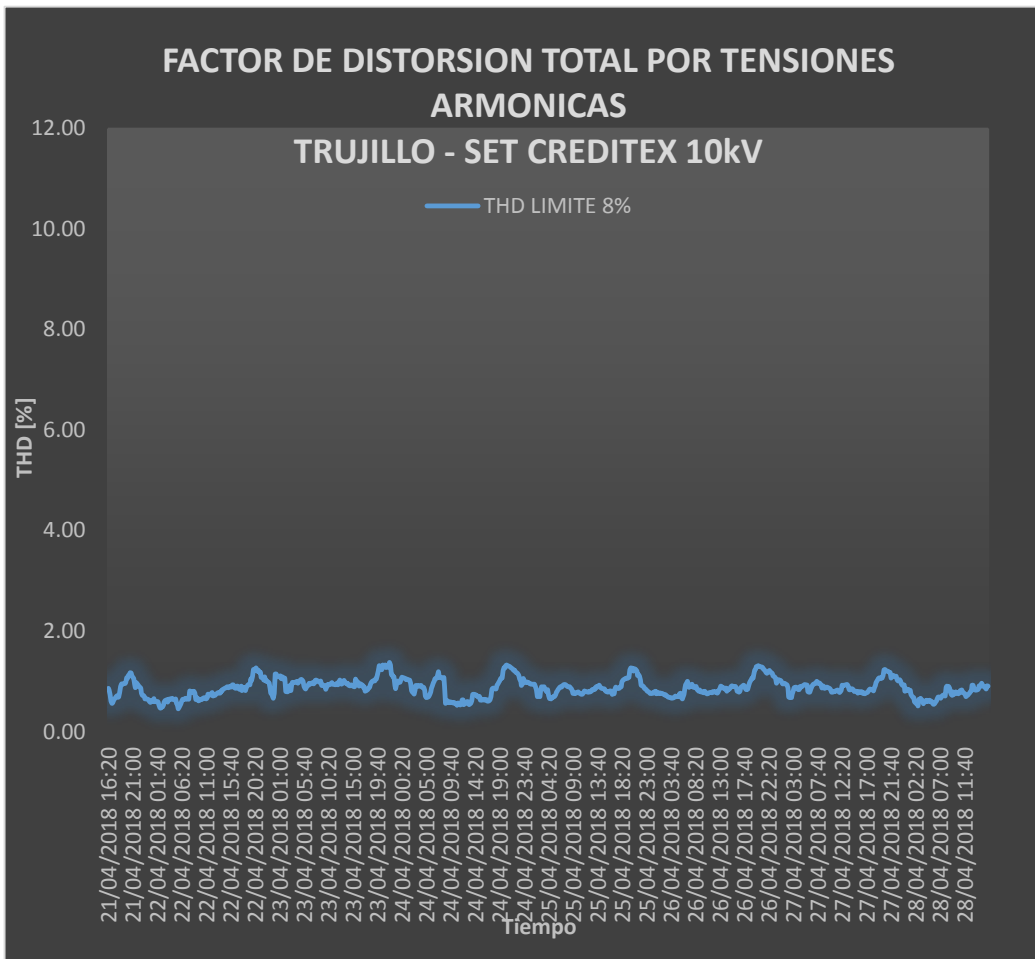
Serie: IEC 40329



Anexo 04: Evaluación de medición de tensiones de armónicos máximos

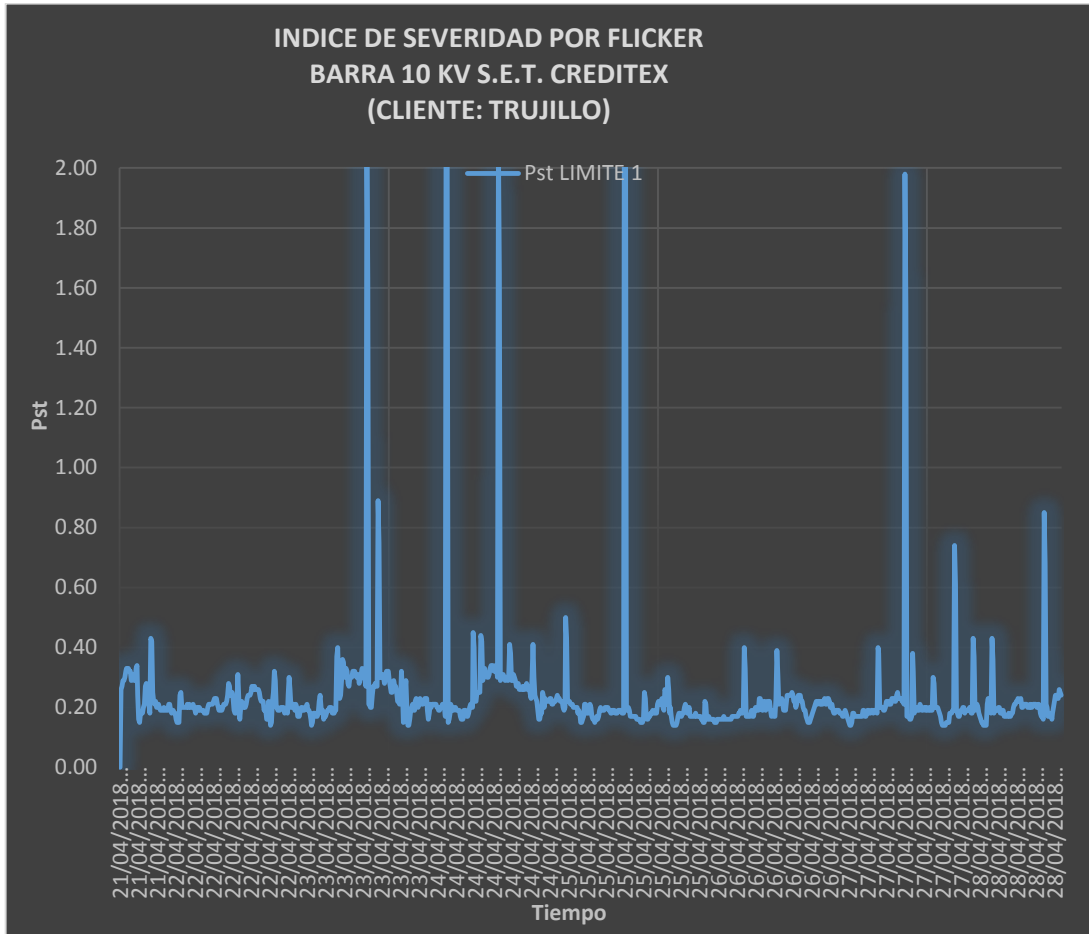


Anexo 05: Evaluación de medición de tensiones. Factor de distorsión

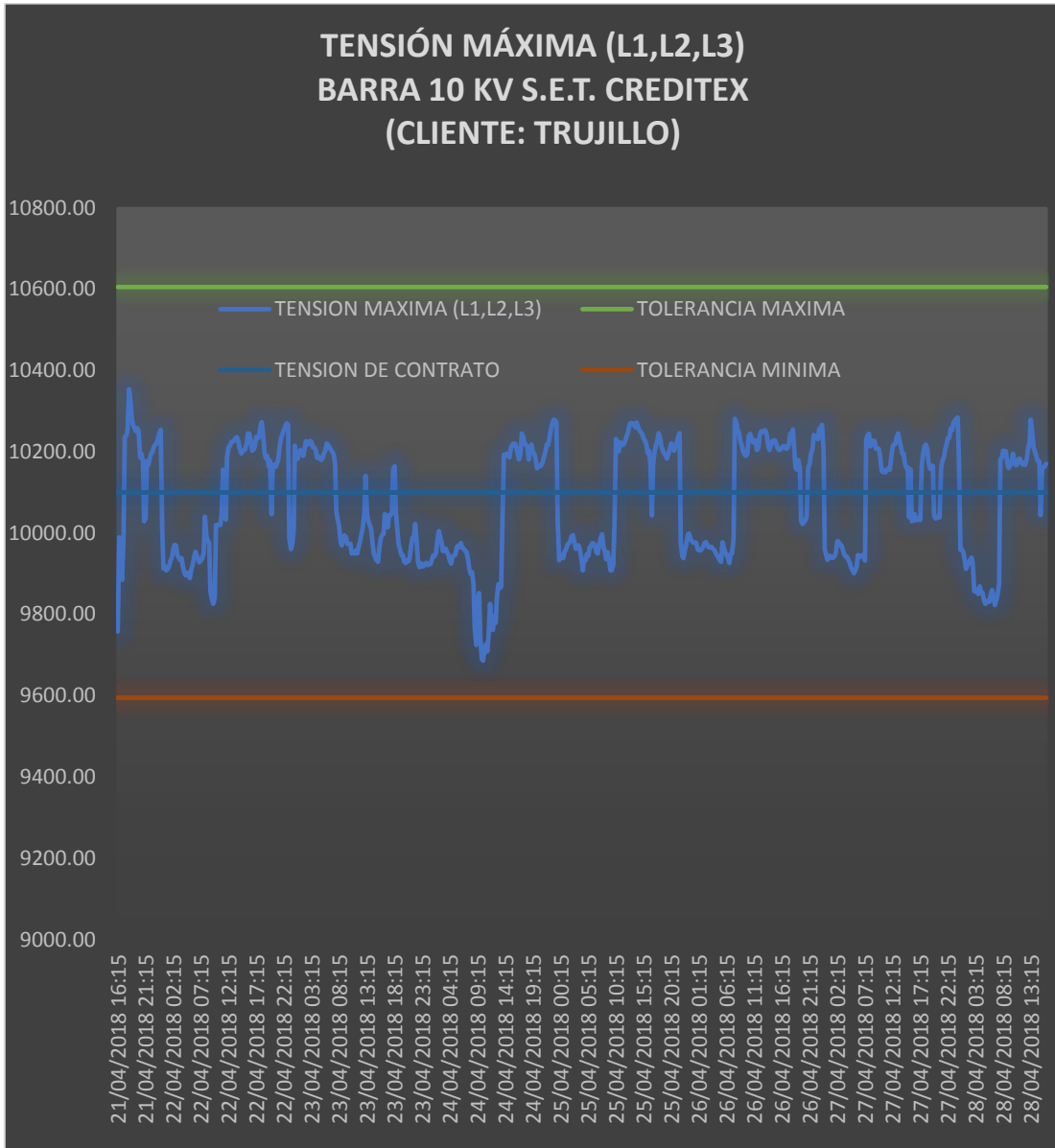




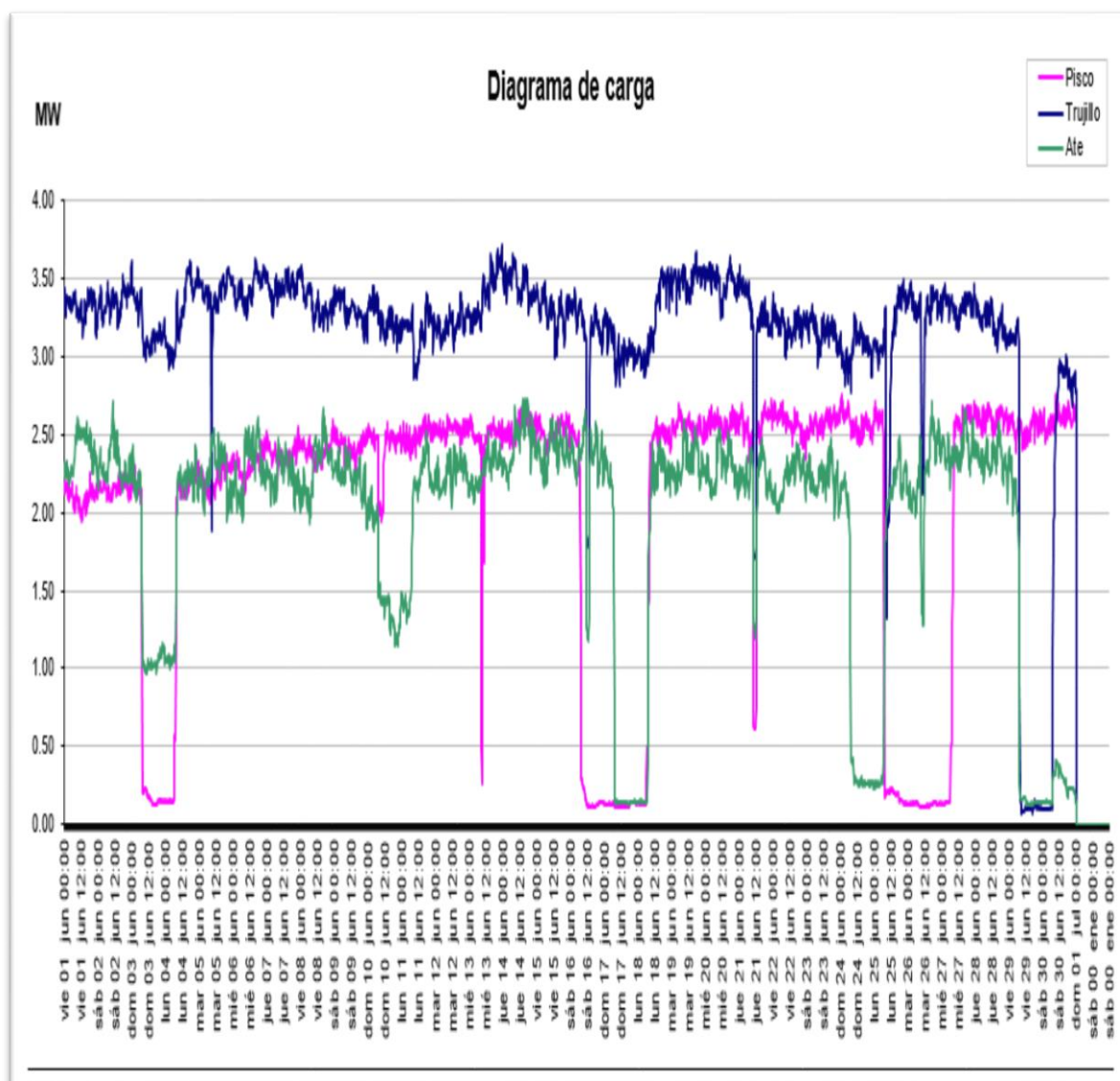
Anexo 06: Evaluación de mediciones de Flicker



### Anexo 07: Tensión Máxima



# Anexo 08: Potencia consumida



Anexo 09: Fotos de la realidad problemática



THD U

1-2

6.1 %

2-3

5.9 %

3-4

6.2 %

U

V

V

AMPS

CIRCUTOR

CVM-C10

4W 3 Ph

THD %

A

%	MAX
120	
110	
100	
90	
80	
70	
60	
50	
40	
30	
20	
10	

L1

27.3

L2

31.2

L3

45.1

POWER

-0.5 1 +0.5



PF

inst

analyzer











Anexo 10: Realizando mediciones.

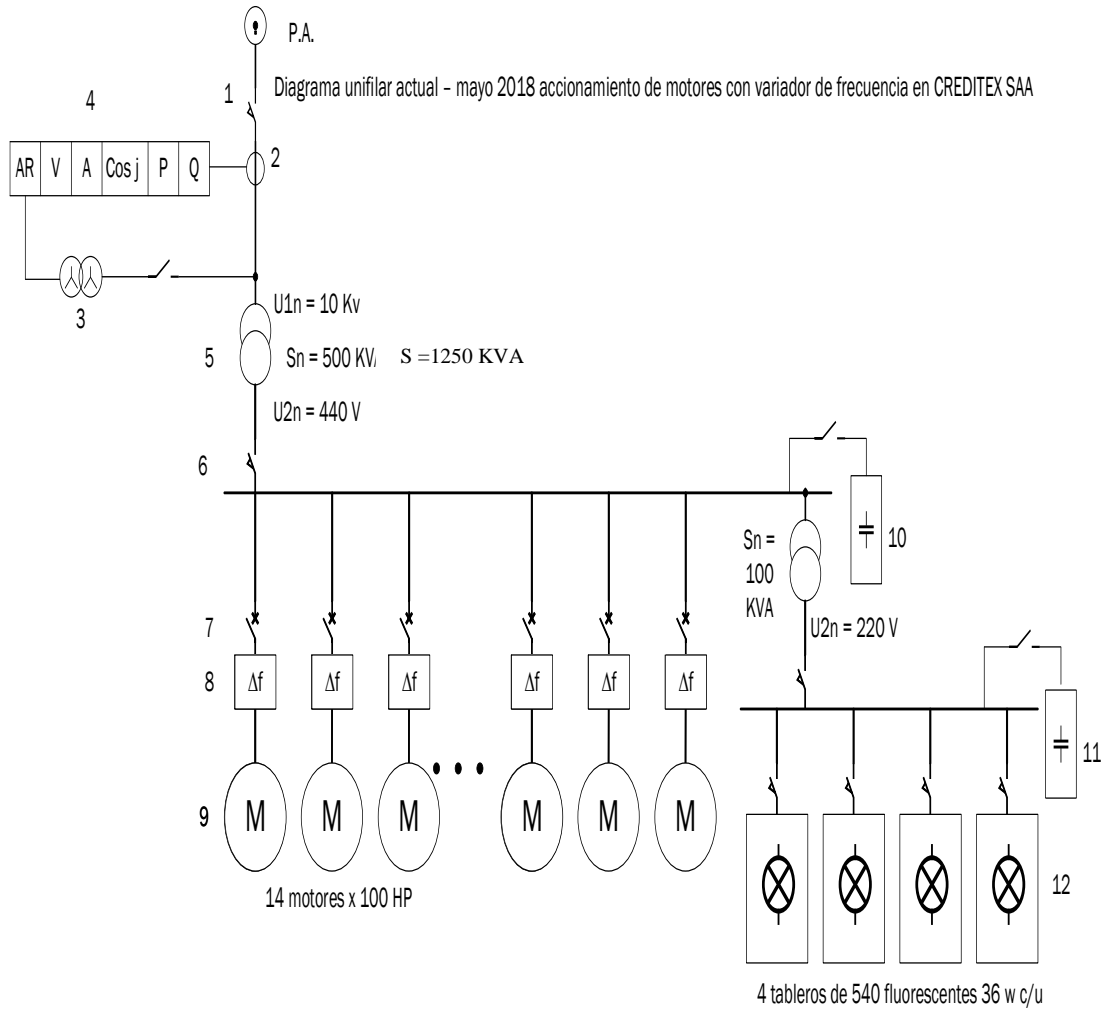




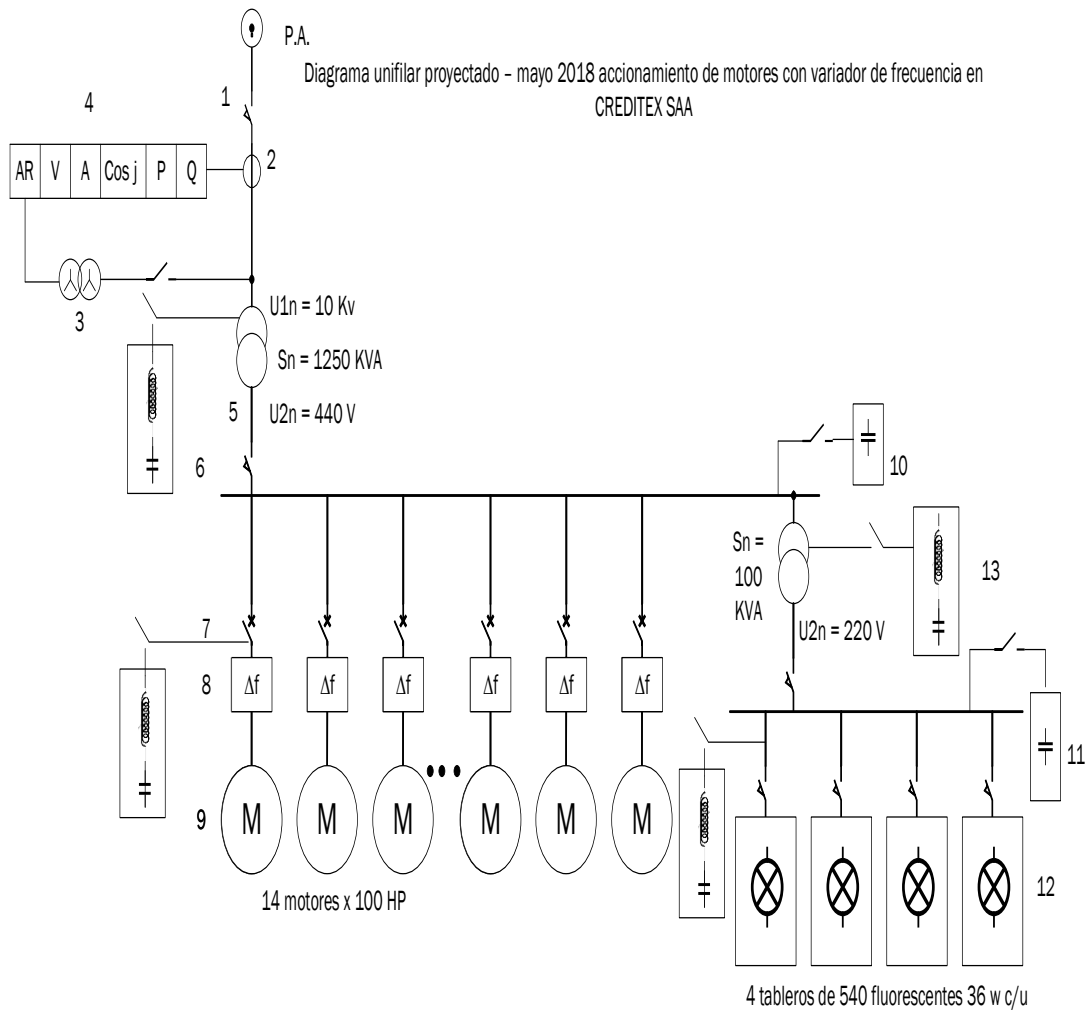


## Anexo 11: Diagramas Unifilares de subestación N°04

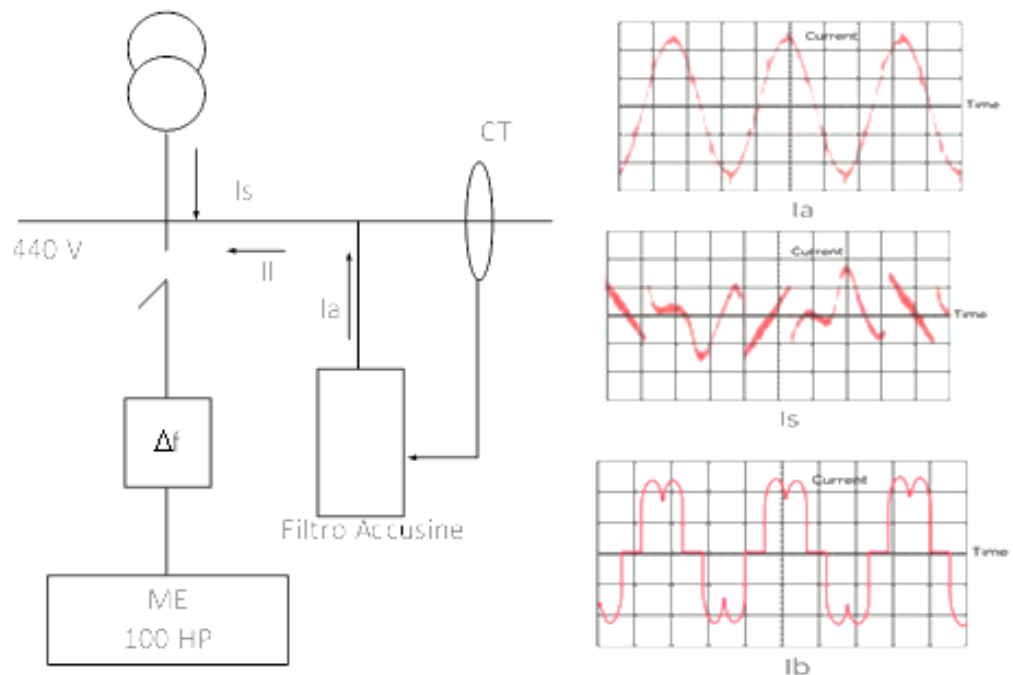
### Diagrama unifilar actual accionamiento de motores trifásicos en BT Planta Creditex



# Diagrama unifilar proyectado accionamiento de motores trifásicos en BT Planta Creditex



Anexo 12: Montaje del filtro de armónicos para cada motor eléctrico.



Instalación de filtro activo individual para ME

## Anexo 13: Matriz de consistencia

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: Olivares Escamilo Jhonan Carlos		FECHA: 20 / 04 / 18		
ACESOR: Raúl Paredes Rosario.				
TÍTULO: ANALISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE ACTIVOS Y LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA CREDITEX S.A.A				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<b>1. Problema General:</b>	<b>1. Objetivo General:</b>	<b>1. Hipótesis General:</b>	<b>V. Independiente</b>	
¿Cómo mejorar la calidad de la energía eléctrica que permita aumentar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex S.A.A. de la ciudad de trujillo, la Libertad.?	Mejorar la calidad de energía eléctrica elaborando un plan de mejora del sistema eléctrico de potencia, para aumentar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex S.A.A.	Es factible que el análisis de la calidad de energía eléctrica permitirá mejorar la confiabilidad de activos y la productividad en la empresa Creditex SAA?	Análisis de la calidad de energía eléctrica	
<b>2. Problemas Específicos:</b>	<b>2. Objetivos Específicos</b>	<b>2. Hipótesis Específicas (opcional):</b>	<b>V. Dependiente:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los efectos eléctricos: transitorios, armónicas, regulación del voltaje, consumo elevado de energía, bajo factor de potencia,</li> <li>• Verificación del cumplimiento de la norma CFE L000-45 sobre perturbaciones permisibles en la forma de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica.</li> <li>• Realizar un análisis económico: determinar inversiones, beneficios, montos de inversión necesarios, costos de operación y de mantenimiento en nuevos equipos</li> <li>• Realizar un análisis financiero, determinando los indicadores que conducen a la toma de decisiones, como son el valor actual neto, Van, la tasa interna de retorno, TIR; y al periodo de retorno de la inversión, PRI.</li> <li>. Dterminacion de confiabilidad actual y proyectada de mptores afectados por calidad de energía.</li> </ul>		Aumento de la confiabilidad y productividad.  <b>V. Intervinientes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variación de parámetros de energía eléctrica: tensión, factor de potencia</li> </ul>	